



TUGAS AKHIR – TE 141599

Pengukuran dan Analisa Sinyal RF pada Penerima Seluler di Area Surabaya

Moh Oky Sadam Basri
NRP 2214105028

Dosen Pembimbing
Dr.Ir.Achmad Mauludiyanto,MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TE 141599

RF Signal Measurement and Analysis on Cellular Receiver in Surabaya

Moh Oky Sadam Basri
NRP 2214105028

Supervisors
Dr.Ir.Achmad Mauludiyanto,MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technical
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PENGUKURAN DAN ANALISA SINYAL RF PADA
PENERIMA SELULER DI AREA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi dan Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Achmad Mauludivanto, M.T.
NIP. 196109031989031001



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya Moh Oky Sadam Basri menyatakan bahwa isi sebagian dan atau secara keseluruhan pada Tugas Akhir saya dengan judul :

Pengukuran dan Analisa Sinyal RF pada Penerima Seluler di Area Surabaya

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya dan diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 18 Mei 2016

Moh Oky Sadam Basri

NRP. 2214150528

Pengukuran dan Analisa Sinyal RF pada Penerima Seluler di Area Surabaya

Nama : Moh Oky Sadam Basri

NRP : 2214105028

Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRAK

Pada tahun 2006 dimana teknologi 3G mulai diperkenalkan hingga saat ini tahun 2016 sudah diterapkan teknologi 4G bahkan sudah berkembang berita terkait teknologi 5G. Daya beli konsumen yang terus meningkat serta keinginan akan teknologi yang dapat mempermudah konsumen dalam beraktifitas merupakan alasan utama dari perkembangan tersebut.

Agar dapat menjaga kualitas jaringan seluler tetap dalam kondisi baik, diperlukan pemeliharaan dan pengawasan yang berkelanjutan. Operator telekomunikasi seluler masih mengandalkan *drive test* untuk mengetahui kondisi sinyal suatu area. Sedangkan untuk melakukan perencanaan operator seluler hanya mengandalkan aspek-aspek seperti : *loss*, kondisi area dan kuat sinyal yang ada, dengan cara tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan sumber daya yang cukup banyak untuk dapat melakukan suatu perencanaan jaringan seluler. Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengukuran sinyal seluler untuk teknologi 3G pada area *dense urban*, *urban* dan *sub urban*. Selain itu akan dilakukan pemodelan kualitas sinyal dan perhitungan *link budget*, pemodelan yang akan digunakan adalah pemodelan ARIMA.

Kualitas sinyal seluler di Kota Surabaya untuk area *dense urban*, *urban* dan *sub urban* memiliki nilai RSL antara -50dBm sampai -80dBm. Disisi lain berdasarkan parameter-parameter uji model, maka model yang digunakan untuk meramalkan kualitas sinyal seluler disemua area adalah model ARIMA (2,0,1) dengan ketepatan peramalan diatas 90%.

Kata Kunci : Model ARIMA, Surabaya, RSL, 3G, *dense urban*, *urban*, *sub urban*, *drive test*, peramalan, *link budget*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

***RF Signal Measurement and Analysis on Cellular Receiver in
Surabaya***

Nama : Moh Oky Sadam Basri

NRP : 2214105028

Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRACT

In 2006, 3G tech was first introduced to public. It become new technology that has been used by a lot of people because this technology gives them fast access and better quality. Up until 2016, it has developed further. A lot of new technology based on 3G occur, from 4G until the latest technology called 5G. People's enthusiasm on technology that can make life easier and some economic factor are the main reason why this technology can develop more.

Continuous maintain and surveillance are needed to keep cellular network quality good. A lot of network operator and service provider still use drive test to measure signal quality on certain area. As for network planning, they use some parameter such as signal loss, signal power, and topography. That way of planning sure take a lot of time and resources. In this final project, writer do cellular signal measuring on 3G technology in dense urban, urban, and sub urban area. The writer also do some link budget calculating and signal quality modelling. In this modelling, writer use ARIMA method as a way.

Cellular signal quality on Surabaya for dense urban, urban, and sub urban area have RSL value between -50 dBm and -80 dBm. And based on parameters in the modelling test, writer choose ARIMA (2,0,1) as a way to predict and calculate cellular signal quality in those area. This ARIMA (2,0,1) has accuracy above 90%.

Keyword : ARIMA Modelling, Surabaya, RSL, 3G, dense urban, urban, sub urban, drive test, forecast, link budget

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Teruntuk orang yang sangat memiliki andil saat pembuatan Tugas Akhir:

H.Anwari dan Hj.Yafaroh adalah papah dan mamah yang teramat sangat saya Cintai melebihi apapun didunia ini.

KH.Habib Makki dan Ny.Hj.Istiqomah adalah abba dan ummi yang saya junjung tinggi dan saya hormati

Dr.Ir.Achmad Mauludiyanto,MT. adalah guru dan tauladan saya, tanpa bimbingan beliau Tugas Akhir ini akan jauh dari harapan.

Seluruh dosen bidang studi Telekomunikasi Multimedia dengan bimbingan, candaan, teladan dan motivasi mereka yang sangat membuat saya terinspirasi, membuat saya nyaman serta membuat saya bangga menjadi keluarga besar Telekomunikasi Multimedia “setetes air tak kan bisa meredakan dahaga, segelas air membuat tubuh menjadi lega” salam tertinggi dan ucapan terimakasih terbesar untuk seluruh dosen sekaligus orang tua Telekomunikasi Multimedia.

**KEGAGALAN ADALAH KEBAHAGIAAN
KESEDIHAN ADALAH HIBURAN
TANGIS ADALAH CANDAAAN
PUTUS ASA ADALAH TONTONAN
GAGALLAH, BERSEDIHLAH, MENAGISLAH DAN BERPUTUS ASA
KARENA ITU ADALAH SINETRON KEHIDUPAN YANG AKAN
SANGAT MENARIK UNTUK DIPERTONTONKAN**

Tugas Akhir dan tulisan ini bukan hanya sekedar hasil dari cucuran keringat dan guratan pena pada selemba kertas, melainkan dengan penuh harapan agar bisa dirasakan dan dimanfaatkan.

Manusia bukanlah sumber akan kesempurnaan maka dari itu berharap dengan sangat, penulis mendapatkan pelajaran dari saran serta kritik pembaca demi perbaikan dimasa mendatang.

Surabaya, Mei 2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Komunikasi Bergerak (Seluler)	7
2.2 Jaringan 3G	9
2.2.1 Alokasi Frekuensi	9
2.2.2 Antena Pemancar	10
2.3 <i>Link Budget</i>	13
2.3.1 <i>Loss</i>	13
2.3.2 Model Propagasi Jaringan.....	14
2.3.3 EIRP	16
2.3.4 RSL.....	16
2.4 Pemodelan ARIMA (<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>).....	17
2.4.1 Model <i>Autoregressive</i>	18
2.4.2 Model <i>Moving Average</i>	18
2.4.3 <i>Autoregressive Moving Average</i>	18
2.4.4 <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>	19
2.4.5 <i>Stasioner Dan Nonstasioner</i>	19
2.4.6 ACF Dan PACF	19
2.4.7 <i>Box Cox</i>	21
2.4.8 Parameter Model.....	21

2.5	Operator Seluler.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Studi Literatur.....	24
3.1.1	Penentuan Objek Ukur	24
3.1.2	Elemen Pendukung.....	25
3.2	Metode Pengukuran	26
3.2.1	Skenario Pengukuran.....	27
3.2.2	G-NetTrack.....	28
3.3	Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal Terima.....	29
3.3.1	Identifikasi Data	31
3.3.2	Penaksiran Dan Pengujian.....	34
3.4	Perhitungan <i>Link Budget</i>	35
3.4.1	<i>Path loss</i>	36
3.4.2	EIRP	37
3.4.3	RSL	37
BAB IV ANALISA DATA		
4.1	Hasil Pengukuran.....	39
4.2	Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal Seluler.....	42
4.2.1	Estimasi Model.....	44
4.2.2	Pengujian Estimasi Model.....	45
4.2.3	Penerapan Model.....	47
4.2.4	Peramalan	50
4.3	<i>Link Budget</i>	53
4.3.2	EIRP	56
4.3.3	RSL	56
4.4	Penyajian Data Tiap Metode	57
BAB 5 PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
LAMPIRAN C		
RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem sel untuk 3 kondisi.....	7
Gambar 2.2 <i>Cluster</i> berisi 7 sel.....	8
Gambar 2.3 Pemetaan Sel 3G Area Surabaya.....	9
Gambar 2.4 Alokasi Frekuensi 3G Tiap Operator	10
Gambar 2.5 Pasca Penataan Ulang Frekuensi 3G	10
Gambar 2.6 Antena K742215	11
Gambar 2.7 Antena TBXLHA-6565C- VTM dan HBXX-6516 DS-VTM.....	12
Gambar 2.8 Data Setelah Dilakukan Transformasi <i>Box Cox</i>	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	23
Gambar 3.2 <i>Coverage</i> 3G Telkomsel Area Surabaya	24
Gambar 3.3 Tampilan G-Net Track	29
Gambar 3.4 Alur Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal	30
Gambar 3.5 Plot Data Hasil Ukur	31
Gambar 3.6 Hasil Plot Uji Normalitas	32
Gambar 3.7 Hubungan Lambda dan Standar Deviasi	33
Gambar 3.8 Data Setelah Dilakukan Transformasi <i>Box Cox</i>	34
Gambar 3.9 Plot ACF dan PACF Data Ukur	35
Gambar 4.1 Hasil Pembacaan Daya Terima	39
Gambar 4.2 Letak BTS - MS Untuk 3 Area.....	54

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Antena K742215	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Antena HBXX-6516DS-VTM.....	12
Tabel 2.3 Spesifikasi Antena TBXLHA-6565C-VTM	12
Tabel 2.4 Alokasi Frekuensi	13
Tabel 2.5 Standar Nilai RSL PT.Telkomsel.....	17
Tabel 2.6 Klasifikasi Pola ACF dan PACF	20
Tabel 3.1 Parameter <i>Link Budget</i>	36
Tabel 3.2 Parameter Perhitungan RSL	37
Tabel 4.1 Titik Lokasi Pengukuran	39
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran.....	40
Tabel 4.3 Rata-Rata Hasil Pengukuran Tiap Area	41
Tabel 4.4 ACF Dan PACF Wilayah <i>Dense Urban</i>	42
Tabel 4.5 ACF Dan PACF Wilayah <i>Urban</i>	43
Tabel 4.6 ACF Dan PACF Wilayah <i>Sub Urban</i>	44
Tabel 4.7 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah <i>Dense Urban</i>	45
Tabel 4.8 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah <i>Urban</i>	46
Tabel 4.9 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah <i>Sub Urban</i>	46
Tabel 4.10 Parameter Statistik (2,0,1) <i>Dense Urban</i>	48
Tabel 4.11 Parameter Statistik (2,0,1) <i>Urban</i>	49
Tabel 4.12 Parameter Statistik (2,0,1) <i>Sub Urban</i>	49
Tabel 4.13 Peramalan Level Daya Terima	50
Tabel 4.14 Rata-Rata Hasil Pengukuran dan Peramalan Model	52
Tabel 4.15 Koefisien dan Residu Tiap Area	52
Tabel 4.16 Perbandingan Data Pemodelan Khusus dan Umum.....	53
Tabel 4.17 Objek Perhitungan <i>Link Budget</i>	54
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan <i>Path Loss</i>	56
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan RSL.....	57
Tabel 4.20 Perbandingan Data	57

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengguna telepon seluler di Indonesia terus tumbuh, dan pemakaiannya sudah mencapai jutaan unit. Selain jumlah pengguna yang terus meningkat, teknologi yang ditawarkan juga terus diperbarui, dimana sekarang telpon seluler tidak hanya untuk SMS dan telepon, namun juga sudah bisa mengakses data dengan kecepatan yang cukup tinggi. Dengan jumlah pengguna dan penikmat layanan seluler yang semakin banyak dan hal tersebut diimbangi dengan persaingan operator penyedia layanan telekomunikasi, dimana setiap operator berusaha memberikan layanan dan kualitas terbaik, maka diperlukan pengoptimalan jaringan dari gangguan-gangguan yang ada.

Gedung bertingkat, pohon yang tinggi menjulang dan adanya hujan merupakan beberapa contoh gangguan yang dapat menurunkan kualitas sinyal pada komunikasi nirkabel khususnya untuk teknologi seluler. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari gangguan-gangguan tersebut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan *Link Budget*, dimana *Link Budget* memiliki parameter seperti perhitungan *loss* (redaman-redaman), perhitungan EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*), perhitungan RSL (*Receiver Signal Level*), perhitungan fade margin dan kualitas transmisi. Data-data yang dapat menunjang perhitungan *Link Budget* bisa didapatkan dengan melakukan *drive test* di wilayah yang akan diukur. Dengan melakukan *drive test* maka akan didapat level sinyal terima, SNR, kecepatan downlink, kecepatan uplink, identitas BTS dan jarak antara pemancar dengan penerima. Dalam pelaksanaan *drive test* dilapangan hanya dilakukan ketika terjadi kasus-kasus tertentu dan kelanjutan dari *drive test* hanya sampai pada optimasi jaringan yang bermasalah. Belum ada usaha untuk melakukan pemodelan dan peramalan jaringan yang telah dilakukan tahapan *drive test*. Fungsi dari dilakukan peramalan dan pemodelan adalah sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perencanaan dan optimasi sampai beberapa waktu kedepan. Sehingga pihak operator terkait memiliki *grand concept* untuk beberapa tahun kedepan

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan dilakukan *drive test* untuk mengetahui kualitas sinyal seluler dengan berbagai area yang mewakili area *urban*, *sub urban* dan *rural* di wilayah Surabaya. Pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan dimana pengumpulan data dilakukan dengan 2

kondisi yaitu untuk sinyal suara dan data. Selain dilakukan analisa data juga akan dilakukan pemodelan dan peramalan untuk beberapa waktu kedepan untuk ketiga area tersebut. Hasil dari Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi dalam melakukan optimalisasi dan perancangan jaringan jaringan seluler.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara melakukan pengukuran kualitas sinyal seluler di lapangan.
2. Perangkat dan aplikasi apa yang diperlukan untuk melakukan pengukuran dan analisa.
3. Bagaimana mengkategorikan suatu kualitas jaringan seluler baik, sedang atau buruk.
4. Bagaimana melakukan pemodelan dan peramalan kualitas sinyal di daerah dense urban, urban dan sub urban
5. Pemodelan apa yang cocok untuk menganalisa dan meramalkan jaringan seluler.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi *drive test* berbasis *android*.
2. Pengukuran dilakukan untuk operator seluler TELKOMSEL.
3. Pengukuran dilakukan di kota Surabaya dengan mengambil sampel yang disesuaikan dengan kategori dense urban, urban dan sub urban.
4. Teknologi yang digunakan dalam pengukuran adalah teknologi 3G.
5. Tidak membahas spesifikasi perangkat seperti Antena, NodeB dan RNC yang digunakan oleh operator terkait.
6. Analisa hanya dilakukan di sisi penerima.
7. Menggunakan pemodelan ARIMA.
8. Hanya menggunakan satu model propagasi jaringan.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah

1. Melakukan pengukuran dan menganalisa kualitas jaringan seluler di wilayah Kota Surabaya.
2. Dapat memodelkan jaringan seluler dan meramalkan kondisi jaringan seluler di area dense urban, sub urban dan urban wilayah Kota Surabaya.
3. Dapat mendefinisikan kualitas jaringan seluler di area dense urban, urban dan sub urban .
4. Dapat menentukan skenario dan metode pengukuran jaringan seluler di tiap areanya.
5. Dapat dijadikan referensi untuk operator seluler dalam melakukan optimasi jaringan dan meningkatkan kualitas jaringannya.

1.5 Metodologi

Dalam tugas akhir ini dibuat berdasarkan beberapa metodologi, dimana metodologi tersebut menjadi dasar dalam pengerjaan tugas akhir, berikut adalah metodologi yang digunakan pada tugas akhir ini :

1. Metode

Tahap awal sebelum melakukan pengerjaan Tugas Akhir adalah dengan mempelajari teori-teori, metode pengumpulan data, metode perhitungan dengan parameter-parameter tertentu dan metode pengambilan kesimpulan. Selain mempelajari metode juga melakukan pemilihan objek ukur, menentukan perangkat dan *software* yang digunakan. Untuk aplikasi yang digunakan adalah G-NetTrack, *Minitab* dan *Matlab*. Untuk G-Net Track merupakan aplikasi yang terinstall di perangkat seluler berbasis OS *Android* berfungsi sebagai aplikasi *drive test*, *Minitab* digunakan untuk mengidentifikasi data, sedangkan *Matlab* digunakan untuk melakukan pemodelan ARIMA

2. Pengambilan Data

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini data diambil secara langsung dilapangan, dengan estimasi waktu pengumpulan data sekitar 1 bulan. Pengambilan data dilakukan pada siang hari dengan objek wilayah yang mewakili area *sub urban* , *urban* dan *dense urban* .

3. Perhitungan

Setelah data terkumpul dilakukan perhitungan dengan memperhatikan parameter-parameter *Link Budget*. Untuk perhitungan *Path loss* menggunakan model propagasi Cost Hata dimana hasil perhitungan akan dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan *Link Budget*.

4. Pemodelan

Dalam Tugas Akhir ini juga akan dilakukan pemodelan dan peramalan kondisi sinyal di tiap areanya. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan pemodelan ARIMA.

5. Analisa

Proses akhir dari pengerjaan tugas akhir ini adalah dimana data dan hasil perhitungan akan dianalisa baik dari perhitungan secara teoritis, pemodelan dan pengukuran secara langsung. Sedangkan untuk pemodelan dan peramalan dapat dijadikan acuan untuk operator terkait dalam melakukan optimasi dan perancangan jaringan seluler.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan terkait latar belakang pengerjaan tugas akhir, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir. Dimana bab ini ditulis agar pembaca mengerti arah pengerjaan tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan terkait teori-teori yang mendasari pengerjaan tugas akhir, teori dasar mencakup teknik pengukuran, pemodelan, teknik perhitungan dan lainnya. Teori-teori tersebut merupakan teori yang sudah memiliki dasar serta pengakuan baik secara publik ataupun instansi. Penggunaan teori dengan berlandaskan artikel ataupun opini sangat dihindari dalam bab ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi pemaparan terkait langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini baik ketika persiapan, pelaksanaan maupun evaluasi hasil. Pembahasan terkait bagaimana pemodelan dan perhitungan yang dilakukan juga terdapat pada bab ini.

BAB IV ANALISA DATA HASIL

Bab analisa data hasil merupakan bab yang berisi mengenai perhitungan serta pemodelan dari hasil pengukuran yang telah didapatkan. Setelah tahapan perhitungan dan pemodelan selesai pembahasan mengarah ke evaluasi hasil dan mencoba untuk menarik kesimpulan dari tiap-tiap permasalahannya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir ini dan sekiranya saran apa saja yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan dan pemanfaatan hasil dari tugas akhir ini.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat dimanfaatkan dan berguna untuk keperluan seperti :

1. Dapat memberikan kontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan terkait telekomunikasi khususnya dalam optimasi dan perencanaan jaringan seluler.
2. Dapat dijadikan acuan oleh pihak-pihak terkait khususnya operator jaringan seluler untuk memberikan layanan dan fasilitas jaringan yang memadai dan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan.
3. Dapat dijadikan bahan ajar untuk elemen-elemen pendidikan baik tingkat kejuruan, tingkat lanjut maupun tingkat sarjana.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Komunikasi Bergerak (Seluler)^{[20][4]}

Sistem komunikasi bergerak (seluler) merupakan sistem komunikasi yang hingga saat ini masih terus dikembangkan, baik dari segi teknologi, keamanan maupun keandalan dari sistem komunikasi tersebut. Sistem ini sudah dapat menggantikan sistem komunikasi tetap (kabel). Sistem komunikasi bergerak mengandalkan gelombang radio sebagai media transmisinya. telpon seluler dan pager merupakan beberapa contoh dari sistem komunikasi bergerak. Dikarenakan mengandalkan gelombang radio dan teknologi *wireless* maka sistem komunikasi ini mengandalkan antenna yang berfungsi memancarkan gelombang radio ke penerima. Disisi penerima juga terdapat antenna yang berfungsi mengirimkan sinyal balasan yang dikirimkan ke BTS tertentu.

Dalam sistem komunikasi *wireless* seluler di daerah perkotaan, daerah layanannya akan dibagi menjadi sel-sel kecil (*cell splitting*), dimana tujuannya adalah untuk menjaga kualitas sinyal. Dalam satu BTS dapat menghasilkan 2, 3, atau 4 sel dimana hal ini bergantung pada antenna pemancar yang terdapat di BTS tersebut. Keseluruhan kanal dalam sistem komunikasi ini dibagi ke tiap-tiap sel, selain itu grup kanal antar sel yang berdekatan juga dibedakan dengan tujuan untuk meminimalisir terjadinya interferensi.



Gambar 2.1 Sistem sel untuk 3 kondisi

Dari gambar 2.1 dapat dilihat jika sel ideal adalah berupa lingkaran penuh, hal itu dapat terjadi jika sama sekali tidak ada gangguan yang dapat meredam sinyal yang dipancarkan antenna, namun model tersebut hamper tidak mungkin, dikarenakan gangguan dapat datang dari pohon, rumah, gedung tinggi dan lainnya. Sehingga gambaran sel secara nyata tidaklah bulat penuh, seperti halnya pada gambar no 2. Untuk keperluan perencanaan maka pemodelan sel dibuat segi enam dengan tiap sisinya yang saling terhubung antara satu sel dengan sel yang lainnya.

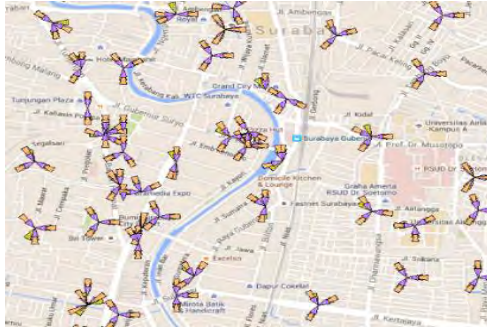
Tiap sel merupakan representasi dari *coverage area* dari BTS yang ada, atau bisa dikatakan satu sel di *cover* oleh satu BTS. Untuk lebih jelasnya karakteristik jaringan seluler dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Dua sel yang saling berdekatan tidak diperbolehkan menggunakan frekuensi yang sama, jika menggunakan frekuensi yang sama maka akan menyebabkan timbulnya interferensi.
2. Area dari suatu BTS dibagi menjadi sel kecil, dimana sel dimodelkan dalam bentuk segi enam dan sel ideal dalam bentuk lingkaran sedangkan kenyataannya berbentuk lingkaran tak beraturan.
3. Beberapa sel akan dikumpulkan menjadi satu *cluster*.
4. Frekuensi *re-use* merupakan penggunaan frekuensi yang sama namun untuk sel yang berbeda dan letaknya berjauhan.
5. *Cell Splitting* pembagian dari sel yang besar ke sel yang lebih kecil, hal ini dilakukan untuk mengatasi semakin padatnya trafik dalam suatu area.
6. *Handoff* merupakan fasilitas yang dapat memungkinkan pelanggan dapat berpindah dari satu sel ke sel lain dan tanpa adanya pemutusan hubungan.
7. *Duplexing* merupakan komunikasi dua arah yang dapat dilakukan dengan waktu yang sama.
8. Redaman merupakan berkurangnya nilai kuat sinyal yang diterima di sisi penerima yang dikarenakan oleh berbagai hal.
9. *Noise* merupakan gangguan pada sinyal yang dikarenakan adanya sinyal yang tidak diinginkan yang dibangkitkan oleh komponen-komponen dalam system komunikasi.
10. Interferensi adalah gangguan sinyal dimana terdapat dua sinyal dengan frekuensi yang berdekatan.



Gambar 2.2 *Cluster* berisi 7 sel

Gambar 2.2 menunjukkan gambar sel model, dimana digambarkan antara satu sel dan sel yang lain dapat saling terhubung. Gambar 2.3 merupakan gambar sel secara nyata dilapangan dan terlihat sekali dimana sel model secara nyata memang tidak bisa diwujudkan.



Gambar 2.3 Pemetaan Sel 3G Area Surabaya

2.2 Jaringan 3G

Teknologi jaringan seluler terus mengalami perkembangan, mulai dari teknologi 1G, 2G, 2.5G, 3G, 3.5G dan teknologi 4G bahkan sudah ada wacana terkait teknologi 5G. Walaupun saat ini teknologi komunikasi seluler sudah mencapai teknologi 4G namun pemanfaatannya belum mencapai batas ambang maksimal. Berbeda halnya dengan teknologi 3G, dimana teknologi ini sudah bisa dirasakan oleh hampir seluruh masyarakat baik itu masarakat perkotaan maupun masyarakat pedesaan. Selain itu perangkat yang dimiliki oleh setiap pelanggan operator sebagian besar *support* untuk teknologi 3G. Teknologi 3G sudah sangat mumpuni untuk melakukan komunikasi data dikarenakan kecepatan maksimal teknologi ini mencapai 7.2Mbps. Sedangkan untuk layanan suara teknologi ini menyediakan jalur khusus untuk layanan suara yang terpisah dengan layanan data.

2.2.1 Alokasi Frekuensi^[9]

Pengalokasian frekuensi tiap teknologi berbeda-beda, mulai dari teknologi 1G yaitu 450 MHz dan 900 MHz. Generasi kedua (2G) berada di frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz untuk kebanyakan negara, Sedangkan Amerika punya standar sendiri untuk teknologi 2G yaitu di 1900 MHz.

Rekomendasi untuk menyediakan frekuensi 3G dimulai oleh ITU-R pada saat Konferensi Administrasi Radio Dunia pada Februari 1992(WARC-92). Frekuensi 3G dipakai di atas frekuensi DCS1800, selanjutnya frekuensi 3G yang dipatenkan adalah 1885 – 2025 MHz dan 2110 – 2200 MHz. Di Amerika frekuensi 3G berada di 1710 – 1755 MHz dan 2110 – 2155 MHz dikarenakan frekuensi 1900 sudah digunakan oleh GSM. Gambar 2.4 menunjukkan alokasi frekuensi untuk tiap operator seluler, terlihat jika telkomsel beroperasi pada 1935-1945 MHz untuk *uplink* dan 2125 – 2135 MHz untuk *downlink*.

ALOKASI FREKUENSI 3G											
Three	Axis	Axis	Telkomsel	Telkomsel	Three	Indosat	Indosat	XL	XL	Telkomsel	XL
2110 - 2115	2115 - 2120	2120 - 2125	2125 - 2130	2130 - 2135	2135 - 2140	2140 - 2145	2125 - 2150	2150 - 2155	2155 - 2160	2165 - 2165	2165 - 2170
1920 - 1925	1925 - 1930	1930 - 1935	1935 - 1940	1940 - 1945	1950 - 1955	1955 - 1960	1965 - 1970	1970 - 1975	1975 - 1980	1980 - 1985	1985 - 1990

Gambar 2.4 Alokasi Frekuensi 3G Tiap Operator

Khusus untuk di Indonesia, pada tahun 2006 dimana setelah disahkannya **Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor : 07/Per/M.Kominfo/2/2006** tentang Penggunaan, Ketentuan Penggunaan Pita Frekuensi Radio 2,1GHz Untuk Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler, maka semua operator penyedia layanan telekomunikasi untuk teknologi 3G dialihkan ke frekuensi 2.1GHz. Berdasarkan Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 1192, Tahun 2013 tentang Penetapan Alokasi Blok Pita Frekuensi Radio Hasil Penataan Menyeluruh Pita Frekuensi Radio 2.1 GHz, dilakukanlah penataan frekuensi 3G.



Gambar 2.5 Pasca Penataan Ulang Frekuensi 3G
(Sumber : Ditjen SDPPI, 2013)

2.2.2 Antena Pemancar^{[12][13]}

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara, dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Agar sinyal dapat sampai ke pelanggan seluler maka diperlukan pemancar antenna yang memiliki fungsi utama memancarkan sinyal radio ke pelanggan yang masih di dalam cakupan antenna tersebut. Antenna yang digunakan untuk memancarkan sinyal 3G merupakan antenna *directional*, sehingga untuk

mencapai sudut 360° diperlukan 3 atau 4 antenna. Adapula antenna omni yang digunakan sebagai pemancar sinyal 3G namun antenna jenis omni biasanya dikhususkan di dalam gedung. Ada banyak tipe dari pemancar antenna jaringan seluler yang berasal dari berbagai *vendor* seperti *Huawei*, *Katherine*, *CommScope*, *Tongyu* dan lainnya. Khusus di wilayah Surabaya, ketika dilapangan ditemukan bahwa TELKOMSEL Surabaya banyak menggunakan antenna jenis berikut :

a. Katherine 742215

Antenna K742215 banyak digunakan khususnya di area Surabaya, antenna jenis ini hanya memiliki 2 port yaitu satu sebagai Tx dan satu sebagai Rx. Untuk lebih jelasnya berikut spesifikasi perangkat tersebut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Antena K742215

Frequency Range (MHz)	1710 – 2200		
	1710-1880	1850-1990	1920-2200
Gain	17.7 dBi	17.9 dBi	18 dBi
Power Transmit	43 dBm		
Power Input	300W		
VSWR	< 1.5 dB		
Impedance	50Ω		



Gambar 2.6 Antena K742215

b. HBXX-6516DS-VTM

Antena jenis ini berasal dari *vendor CommScope* dengan frekuensi kerja 1710-2180 MHz. Antena ini dapat difungsikan sebagai pemancar sinyal PCS 1900, GSM 1800, UMTS 2100 dan AWS Spektrum.

Tabel 2.2 Spesifikasi Antena HBXX-6516DS-VTM

Frequency Range (MHz)	1710 – 2180		
	1710-1880	1850-1990	1920-2180
Gain	17.7 dBi	18 dBi	18 dBi
Power Transmit	43 dBm		
Power Input	350W		
VSWR	<1.5 dB		
Impedance	50Ω		

c. TBXLHA-6565C-VTM

Masih dengan produk dari *CommScope* namun untuk antenna jenis ini memiliki perbedaan yang cukup besar daripada antenna sebelumnya. Antenna jenis ini memiliki *Three-Band* yaitu 1 x 834-960MHz dan 2 x 1710-2180MHz.

Tabel 2.3 Spesifikasi Antena TBXLHA-6565C-VTM

Frequency Range (MHz)	834-960		1710-2180		
	824-896	870-960	1710-1880	1850-1990	1920-2180
Gain	16.7	17.0	16.3	16.3	16.1
Power Transmit	43dBm				
Power Input	350 W				
VSWR	1.5				
Impedance	50Ω				

Ketiga jenis antenna diatas pemakaiannya disesuaikan berdasarkan kepadatan trafik, klasifikasi area dan kondisi *coverage area*. Ketika dilakukan optimasi antenna menjadi faktor utama dalam melakukan langkah optimasi, baik dilihat dari *tilting*, polarisasi, *Power* dan lainnya.



Gambar 2.7 Antena TBXLHA-6565C-VTM dan HBXX-6516DS-VTM

2.3 *Link Budget*

Untuk mengetahui kualitas jaringan dapat dilakukan dengan perhitungan *Link Budget*, fungsi perhitungan ini selain digunakan untuk melakukan perencanaan jaringan juga dapat digunakan untuk melakukan optimasi jaringan di suatu area. Perhitungan ini melibatkan *loss*, *path loss*, *gain* antenna, daya *transmit* antenna dan *gain* pada penerima. Untuk melakukan perhitungan ini diperlukan data-data valid yang didapatkan dari operator jaringan seluler terkait, dikarenakan data seperti *feeder cable*, *jumper*, tinggi antenna *nodeB*, letak antenna pemancar dan *gain* antenna hanya dimiliki oleh pihak *vendor* dan operator terkait. Dalam penelitian ini menjadikan operator PT Telkomsel sebagai objek penelitian.

Tabel 2.4 Alokasi Frekuensi^[9]

Range Frekuensi	Operator	Masa Berlaku (Tahun)
1930-1935 (UL) 2120-2125 (DL)	Telkomsel	2013-2023
1935-1945 (UL) 2125-2130 (DL)		2009-2019
1940-1945 (UL) 2130-2135 (DL)		2006-2016

Sumber : Ditjen SDPPI, 2013

Besar frekuensi yang digunakan suatu operator akan menjadi data yang sangat penting guna melakukan perhitungan *Path loss*.

2.3.1 *Loss*^[5]

Daya yang dipancarkan lebih kecil dari daya yang diterima itulah pengertian *loss*, dimana faktor yang menyebabkan daya hilang bisa dari berbagai macam, seperti *loss* kabel, konektor, propagasi, adanya gedung-gedung tinggi bahkan pepohonan juga dapat menyebabkan terjadinya *loss*. Jika daya input 10 Watt dan daya output sebesar 5 Watt maka terjadi *loss* (redaman) sebesar 0.5 daya input, itulah penggambaran *loss*. *Loss* dapat berasal dari berbagai komponen baik yang terdapat pada perangkat BTS maupun yang tidak terdapat di perangkat BTS, seperti :

a. *Connector Loss*

Konektor merupakan penghubung antara feeder dengan kabel antenna, dimana pemakaiannya pada ujung kabel. *Loss* pada konektor yaitu 0.42dB/buah

b. *Cable Loss*

Kabel sebagai media transmisi dari pembangkit sinyal menuju ke antenna memiliki nilai *loss* tertentu, dimana semakin besar diameter kabel semakin besar nilai *loss*. Khusus untuk perangkat BTS menggunakan kabel jenis coaxial dengan besar *loss* :

- 0.5" = 0.11dB/meter
- 0.875" = 0.06dB/meter
- 1.25" = 0.046dB/meter

2.3.2 Model Propagasi Jaringan

Komunikasi jaringan tanpa kabel merupakan komunikasi yang memanfaatkan media transmisi berupa gelombang radio. Agar sinyal dapat ditransmisikan dari antenna pengirim ke penerima maka diperlukan propagasi jaringan gelombang radio. Untuk melakukan estimasi seberapa efektifkah sinyal yang akan dipropagasikan ke wilayah tertentu dengan menggunakan media transmisi tertentu, maka diperlukan pemodelan propagasi jaringan. Propagasi gelombang radio di medium berdasarkan objek yang mempengaruhinya di kelompokkan menjadi :

- ***Free Space Loss***

Kondisi dimana terdapat suatu sinyal langsung atau tanpa adanya penghalang antara penerima dan pengirim (*Line of Sight*).

- ***Reflection***

Sinyal dari *transmitter* tidak langsung diterima oleh *receiver*, melainkan dipantulkan dulu ke beberapa objek pantul. Semakin banyaknya pantulan akan berpengaruh pada delay transmisi antara *transmitter* dan *receiver*

- ***Diffraction***

Dimana sinyal melewati objek yang cukup besar dan memiliki bentuk menyudut atau runcing, seperti sudut dari suatu gedung.

- ***Scattering***

Dimana sinyal melewati objek yang memiliki permukaan tidak rata yang mengakibatkan banyak pantulan yang timbul karena permukaan objek tersebut.

2.3.2.1 *Cost Hata Model*^{[10][11][14][17]}

Tahapan dalam menghitung *loss* selanjutnya adalah menghitung *path loss*, dimana *path loss* merupakan teredamnya sinyal yang dikirim oleh antenna pemancar yang dikarenakan oleh media transmisi, hal ini menyebabkan sinyal yang diterima menjadi lebih kecil. Dalam

komunikasi seluler, rugi propagasi dikelompokkan menjadi beberapa area yaitu :

- *Dense Urban* yaitu lingkungan dengan gedung bertingkat dengan tinggi lebih dari 5 tingkat dan lebar jalan lebih dari 15 meter
- *Urban* yaitu jika lingkungan berupa gedung bertingkat dibawah 5 tingkat dan lebar jalan kurang dari 15 meter
- *Sub Urban* bisa disebut juga area pedesaan dimana merupakan lingkungan dengan pemantulan sinyal hanya berupa rumah dan pohon serta dengan tingkat kepadatan rumah yang tidak terlalu tinggi
- *Rural* yaitu berupa lingkungan terbuka seperti sawah, padang rumput dan tambak

Agar dapat mengetahui redaman propagasi dari tiap-tiap area diatas maka diperlukan pemodelan propagasi jaringan. Ada banyak model propagasi jaringan, dimana pemakaiannya disesuaikan dengan karakteristik area dan sinyal. Untuk tugas akhir ini, dengan menggunakan objek Kota Surabaya maka model propagasi yang cocok adalah model *Cost Hata*.

Cost Hata model merupakan pengembangan model dari model *Okumura Hatta*, dimana model ini sangat cocok untuk frekuensi PCS (2GHz) sehingga model ini sering disebut Hata Model PCS Extension. Selain itu model ini memiliki karakteristik sendiri yaitu :

- *Range* Frekuensi 1500 MHz - 2000 MHz.
- *Tinggi Transmitter*: 30 m - 100 m.
- Jarak antar titik pengamatan: 1 - 20 km.
- *Tinggi MS*: 1 m - 10 m.

Dengan karakteristik model diatas, model *Cost Hata* cocok dengan kondisi Kota Surabaya. Model ini memiliki formula yang berbeda dengan model lain, berikut adalah formula model *Cost Hata* :

$$L = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_B - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_B) \log d + C \quad (2.1)$$

Dimana :

f = Frekuensi kerja
h_B = Tinggi antenna BTS
d = Jarak BTS dan MS

h_R = Tinggi antenna penerima (MS)
 L = *Path loss* (dB)
 C = 0 dB untuk *urban* dan *sub urban* dan 3 dB untuk *dense urban*.
 $a(hm)$ = faktor koreksi antenna mobile yang memiliki nilai :

- **Untuk Urban**
 $a(hm) = 3.2 (\log(11.75h_R))^2 - 4.97 \quad f > 400\text{MHz} \quad (2.2)$
- **Untuk Sub Urban dan Rural**
 $a(hm) = (1.1 \log f - 0.7)h_R - (1.56 \log f - 0.8) \quad (2.3)$

Dimana nilai h_R : $1\text{m} \leq h_R \leq 10\text{m}$

2.3.3 EIRP^[5]

Effective Isotropic Radiated Power atau *Equivalent Isotropic Radiated Power* merupakan besaran yang menggambarkan kekuatan daya pancar suatu antenna. Formula untuk menghitung EIRP adalah:

$$\text{EIRP} = P_{\text{TX}} + G_{\text{TX}} - L_K - L_C \quad (2.4)$$

Dimana :

EIRP = Nilai *Effective Isotropic Radiated Power*

P_{TX} = *Power* dari antena pemancar

G_{TX} = Gain antena pemancar

L_K = Loss kabel




L_C = Loss konektor

2.3.4 RSL^[8]

RSL (*Received Signal Level*) adalah besar daya yang dapat ditangkap oleh MS. Besar kuat sinyal yang diterima berbanding terbalik dengan jarak antara MS dan BTS, dengan kata lain semakin besar nilai RSL maka akan semakin kecil jarak antara BTS dan MS.

Standar nilai RSL pada setiap operator seluler berbeda-beda, penentuan standar merupakan hak penuh operator terkait. Bisa dikatakan terkait hal ini memang tidak ada standar yang dapat mencakup secara global, namun standar antara satu operator dengan operator lain tidak jauh berbeda bahkan ada beberapa yang memiliki standar sama.

Tabel 2.5 Standar Nilai RSL PT.Telkomsel

Standard Warna	Kualitas Sinyal	Range Nilai
	Baik Sekali	-65 sampai 0
	Sangat baik	-75 sampai -65
	Baik	-85 sampai -75
	Sedang	-95 sampai -85
	Buruk	-105 sampai -95
	Buruk sekali	-120 sampai -105

Sumber : PT. NexWave

Adapun formula untuk menghitung nilai daya terima yaitu :

$$RSL = P_T - L_T + G_T - L + G_R - L_R \quad (2.5)$$

Dimana :

- RSL = Daya terima (dB)
- L_T = Redaman di sisi pengirim sinyal (dB)
- G_T = *Gain* antenna pengirim (dB)
- L = *Path loss* (dB)
- G_R = *Gain* antenna penerima (dB)
- L_R = Redaman di sisi penerima (dB)

2.4 Pemodelan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)^{[1][3]}

Pemodelan ARIMA atau biasa disebut dengan metode runtun waktu (*time series*) *Box-Jenkins* merupakan model statistik yang memiliki ketepatan peramalan yang baik untuk jangka pendek, namun tidak begitu baik untuk jangka panjang. Dimana jika model ini digunakan untuk periode jangka panjang maka data hasil peramalan akan cenderung datar (*flat*). Data-data yang diperoleh pada masa yang lampau menjadi data dasar dalam pemodelan ini, sehingga dari data yang diperoleh dapat didapatkan formula untuk memodelkan data terkait. Dari formula tersebut maka dapat dilakukan peramalan data untuk beberapa waktu kedepan tanpa melakukan pengambilan data secara langsung.

Identifikasi data mencakup bagaimana pola dari plot data ukur, apakah data sudah ternormalisasi atau belum dan melihat pola ACF dan PACF. Sedangkan untuk penaksiran dan pengujian mencakup estimasi model yang cocok untuk data terkait dan menguji seberapa akurat model

tersebut yang dilihat dari parameter-parameter uji dari model ARIMA. Terakhir adalah penerapan model, dimana model diaplikasikan untuk melakukan peramalan data setelah itu dibandingkan dengan data asli hasil pengukuran.

2.4.1 Model Autoregressive (AR)^{[1][3]}

Model AR merupakan model runtut waktu *stasioner* dimana memiliki variabel dependen yang nilainya dipengaruhi oleh variabel dependen itu sendiri. Misal nilai variabel dependen Z_t dipengaruhi oleh variabel Z_t satu periode sebelumnya (Z_{t-1}) maka model ini disebut model *autoregressive* orde satu AR(1). Penulisan model AR yaitu :

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + e_t \quad (2.6)$$

Dimana :

Z_t = Kualitas sinyal ke t.

e_t = Residual ke t.

Z_{t-1} = Lag/orde dari Z ke 1.

ϕ = Konstanta dari AR.

2.4.2 Model Moving Average (MA)^{[1][3]}

Berbeda dengan model AR, model MA tidak dipengaruhi oleh variabel dependen sebelumnya melainkan dipengaruhi oleh nilai residual sebelumnya. Model AR memiliki persamaan umum :

$$Z_t = \theta_0 + \theta_1 e_t + \theta_2 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q} \quad (2.7)$$

Dimana :

θ = Konstanta MA

Z_t = Kualitas sinyal ke t.

e_t = Residual ke t.

Z_{t-1} = Lag/orde dari Z ke 1.

ϕ = Konstanta dari AR.

2.4.3 Autoregressive Moving Average (ARMA)^{[1][3]}

Model ARMA atau biasa disebut dengan model campuran merupakan model yang menggabungkan pemodelan AR dan pemodelan MA. Penulisan orde dalam model ini yaitu (2,0,1), (1,0,1) dimana diantara orde p dan q bernilai 0. Jika hanya satu bagian yang memiliki orde misal (1,0,0) maka menggunakan model AR, jika (0,0,1) maka model MA. Bentuk umum dari model ARMA yaitu :

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + e_t + \theta_0 - \theta_1 e_t - \theta_2 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.8)$$

Dimana :

θ = Konstanta MA

Z_t = Kualitas sinyal ke t.
 e_t = Residual ke t.
 Z_{t-1} = Lag/orde dari Z ke 1.
 ϕ = Konstanta dari AR.

2.4.4 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) ^{[1][3]}

Model ARIMA merupakan model dengan mengintegrasikan antara AR dan MA. Pada umumnya data *time series* tidak *stasioner* sedangkan syarat utama dalam melakukan pemodelan ARIMA adalah dengan membuat data *stasioner* terlebih dahulu baik itu *stasioner* terhadap varian maupun *stasioner* terhadap rata-rata. Untuk *menstasionerkan* data yang maka diperlukan proses differensiasi (*difference*), dimana proses ini dilakukan dengan tujuan mencari perbedaan antara satu periode dengan periode lain. Pengolahan data melalui proses differensiasi ini disebut dengan ARIMA. Jika penulisan model ARIMA (1,1,2) berarti menunjukkan AR (1), differensiasi tingkat pertama dan MA (2). Misal ARIMA (2,1,1) maka persamaannya adalah :

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) e_t \quad (2.9)$$

Dimana:

d = orde differencing
 B = Pembeda orde
 e_t = Residual ke t.
 θ_q = Konstanta MA orde q
 Z_t = Kualitas sinyal ke t.
 ϕ_p = Konstanta dari AR p.

2.4.5 Stasioner Dan Nonstasioner ^[1]

Data yang dapat dimodelkan dengan pemodelan AR, MA maupun ARIMA merupakan data *stasioner*. Maksud dari data *stasioner* adalah dimana ketika naik dan turunnya data tidak terikat oleh waktu, pertumbuhan data atau fluktuasinya akan selalu ada di sekitar nilai rata-rata walau data tidak konstan namun tidak jauh dari rata-rata. Ketika ditemukan data dengan deret yang tidak *stasioner* maka diperlukan proses *differencing*. Dengan proses ini data dicari selisihnya atau perbedaan antara lag atau periode pengambilan data



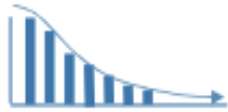







2.4.6 ACF Dan PACF ^{[1][3][7]}

ACF (*Auto Correlation Funtion*) dan PACF (*Partial Auto Correlation Funtion*) digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara periode t dengan periode sebelumnya. Uji ACF dan PACF

merupakan jenis uji klasik dari suatu analisis data regresi linear. Khusus untuk data runtut waktu (*time series*) diperlukan uji ini, dikarenakan data *time series* kebanyakan bersifat *nonstasioner*. Untuk data yang bersifat tidak runtut waktu maka tidak diperlukan uji ini. ACF dan PACF merupakan pengujian untuk mengetahui apakah data *stasioner* terhadap mean atau tidak.

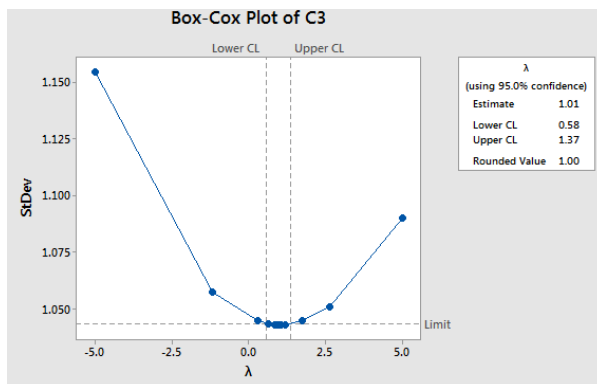
Dengan dilakukan uji ACF dan PACF kita dapat mengetahui karakteristik pemodelan yang akan digunakan. Berikut adalah tabel untuk mengidentifikasi pola ACF dan PACF sehingga diketahui model yang digunakan. Tabel 2.6 menjelaskan pola ACF dan PACF dari plot datanya dan pengklasifikasian model estimasi model awal yang digunakan. Tabel tersebut dapat memudahkan dalam melakukan pengestimasian awal dalam pemodelan sistem khususnya pemodelan ARIMA.

Tabel 2.6 Klasifikasi Pola ACF PACF

Model	ACF	PACF
(0,1,0)		
(1,0,0)		
(1,0,0)		
(0,0,1)		
(0,0,1)		

2.4.7 Box Cox^[3]

Jika PACF dan ACF digunakan untuk mengetahui *kestasioneran* terhadap mean maka *Box Cox* digunakan untuk mengetahui apakah data *stasioner* terhadap varian. Nilai lambda dalam *Box Cox* plot menjadi parameter utama dalam pengecekan taraf *kestasionerannya*. Jika diketahui nilai lambda sama dengan 1 ($\lambda=1$) atau mendekati 1 maka data sudah *stasioner* terhadap varian, namun jika nilai lambda tidak sama dengan satu maka data harus di *stasionerkan* terlebih dahulu atau dilakukan transformasi *Box Cox*. Jika nilai lambda mendekati 0 ($\lambda=0$) maka transformasinya $\ln(Z_t)$, jika nilai lambda mendekati 0.5 ($\lambda=0.5$) maka transformasinya $Z_t^{0.5}$ dan jika lambda mendekati -0.5 ($\lambda=-0.5$) maka transformasinya $1/Z_t^{0.5}$. Gambar 2.8 menunjukkan contoh data yang telah dilakukan transformasi *Box Cox*, pada sisi sebelah kanan tertulis **Rounded Value** = 1.00, itulah nilai lambda yang menjadi acuan apakah data sudah *stasioner* atau belum.



Gambar 2.8 Data Setelah Dilakukan Transformasi *Box Cox*

Box Cox sesungguhnya tidak melakukan pengecekan terhadap normalitas melainkan hanya mengecek metode berdasarkan standar deviasi terkecil. *Box Cox* hanya bekerja pada data yang bernilai positif, sehingga sebelum di transformasikan bisa dirubah terlebih dahulu

2.4.8 Parameter Model^[1]

Selayaknya seperti semua pengujian atau penelitian, dimana pasti ada parameter ukur yang menjadi landasan apakah pengujian atau penelitian tersebut dinyatakan valid atau tidak, dinyatakan berhasil atau gagal, layak uji atau tidak dan pernyataan yang lain. Begitu juga dengan

pemodelan ARIMA, dimana pemodelan ini memiliki parameter-parameter tertentu yang dapat digunakan sebagai pengujian atau penentuan seberapa layakkah model dapat diterapkan untuk suatu permasalahan tertentu. Parameter-parameter uji yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- MSE (*Mean Square Error*) merupakan rata-rata *error* dalam melakukan estimasi data. Semakin kecil nilai MSE berarti semakin kecil *error* dalam melakukan estimasi
- FPE (*Final Prediction Error*) merupakan nilai *error* tertinggi yang mungkin terjadi ketika melakukan estimasi data, semakin kecil nilai FPE berarti pemodelan semakin bagus.
- FIT merupakan presentase keakuratan estimasi data, dimana semakin besar nilai FIT maka semakin akurat pemodelan dalam melakukan estimasi.
- BIC (*Bayes Information Criterion*) merupakan parameter pemodelan.
- AIC (*Akaike Information Criterion*) merupakan parameter pemodelan, dimana model dinyatakan valid jika nilai AIC mendekati atau sama dengan nilai BIC.

2.5 Operator Seluler

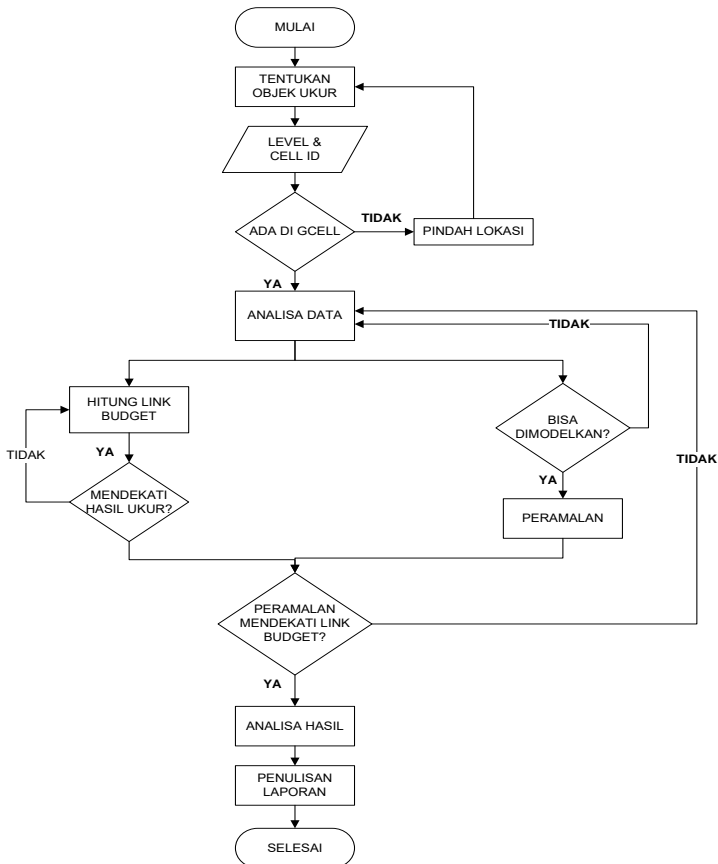
Setiap operator seluler di Indonesia seperti Telkomsel, Three, Indosat dan XL memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, ada yang unggul dalam pentarifan, ada yang unggul terkait luasnya jaringan bahkan ada pula yang unggul karena banyak bonus yang ditawarkan. Khusus untuk Telkomsel, operator ini mengklaim bahwa satu-satunya operator dengan jangkauan sinyal terluas di Indonesia, selain itu juga memiliki pelanggan terbanyak dibandingkan dengan operator lain.

Di daerah Surabaya, sinyal Telkomsel masih dapat ditemukan di pesisir pantai Kenjeran. Selain itu Telkomsel juga memiliki 3 blok *band* untuk frekuensi 3G. Telkomsel tercatat pada tahun 2015 urutan penguasaan pasar seluler di Indonesia versi GSMA *Intelligence* masih dikuasai oleh Telkomsel dengan presentase 45%, disusul Indosat 21.6%, Tri 14.4% dan XL dengan 14%. Selain itu Telkomsel juga meraih penghargaan sebagai operator terbaik se-asia pasifik menurut lembaga riset dan analis pasar *Frost and Sullivan ICT Awards 2015*. Operator seluler ini dikukuhkan sebagai yang operator terbaik.

BAB III

[METODOLOGI PENELITIAN]

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode pengerjaan Tugas Akhir mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Tahap demi tahap pengerjaannya akan dibahas baik tahapan dalam melakukan pengukuran, perhitungan *Link Budget* serta pemodelan ARIMA untuk kualitas sinyal seluler di tiap area. Berikut adalah alur pengerjaan Tugas Akhir.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Studi Literatur

Pada tahapan ini akan dipaparkan gambaran terkait pengerjaan Tugas Akhir ini. Tahapan awal dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah dengan melakukan studi literatur. Studi literatur yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan studi pemilihan objek ukur, identifikasi kebutuhan data yang disesuaikan untuk keperluan pemodelan dan perhitungan *Link Budget*, mencari referensi dari berbagai sumber serta mencoba berkonsultasi dengan yang lebih menguasai bidang ilmu yang terkait dengan Tugas Akhir ini.

3.1.1 Penentuan Objek Ukur

Objek wilayah dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah Kota Surabaya, disamping alasan karena termasuk salah satu kota metropolitan yang ada di Indonesia juga merupakan kota pusat perekonomian di Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya menjadi target pasar untuk sebagian besar investor baik dalam negeri maupun investor asing, selain itu kota ini merupakan kota administratif. Sebagian besar orang Jawa Timur, dan sebagian Jawa Tengah serta dari provinsi lain mengadu nasib di Kota Surabaya. Dengan berbagai alasan tersebut Kota Surabaya setiap harinya memiliki trafik data yang cukup tinggi, selain itu pengguna fasilitas telepon seluler juga teramat sangat banyak. Sehingga kualitas jaringan seluler di wilayah ini teramat sangat diperhatikan.



Gambar 3.2 Coverage 3G Telkomsel Area Surabaya

Jika dilihat dari gambar 3.2 dapat disimpulkan jika sekitar 90 % dari total luas wilayah Surabaya sudah ter *cover* dengan baik oleh

jaringan seluler dengan teknologi 3G khususnya untuk operator Telkomsel. Dalam Tugas Akhir ini tidak menjadikan seluruh wilayah Surabaya sebagai objek ukur, namun hanya mengambil beberapa sampel di wilayah Kota Surabaya dimana wilayah tersebut dapat dikategorikan sebagai wilayah *dense urban* , *urban* , *sub urban* dan *rural*.

Susunan wilayah atau area pada suatu kota besar berurut mulai *dense urban* yang merupakan daerah pusat kota dengan banyak gedung tinggi setelah itu *urban* , *sub urban* dan *rural*. Namun khusus di Kota Surabaya untuk mencari daerah yang memiliki karakteristik *rural* dengan definisi seperti yang sudah dijelaskan di bab 2.3.2.1 sangatlah sulit. Memang ada beberapa wilayah *rural* yaitu di sepanjang pesisir pantai, namun tidak ada akses jalan untuk dapat ke area tersebut, hampir semuanya masih tertutup oleh semak-semak. Khusus untuk daerah *dense urban* , *urban* dan *sub urban* diambil sampel di wilayah berikut :

- *Dense Urban* : Jl. Basuki Rahmad, Jl. Tunjungan, Jl. Diponegoro, Jl. Raya Darmo, Jl. Raya Gubeng, Jl. Pemuda, Jl. Pannglima Sudirman.
- *Urban* : Jl. Dharmahasada, Jl. Karang Menjangan, Jl. Menyar Kertoarjo, Jl. Dharmahasada Indah, Jl. Menur.
- *Sub Urban* : Jl. Medokan Semampir, Jl. Medokan Semampir AWS, Jl. Medokan Keputih, Jl. Keputih Tegal.

3.1.2 Elemen Pendukung

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini membutuhkan beberapa elemen yang dapat membantu menyelesaikan dan memecahkan masalah yang ada. Elemen yang dimaksud baik berupa hardware, software maupun data. Berikut adalah beberapa elemen tersebut :

- **Handphone Huawei SCL-U31**
Sebagai perangkat penerima sinyal 3G.
- **Aplikasi G-Net Track**
Sebagai alat ukur kualitas sinyal dan mengetahui Cell ID.
- **Matlab**
Untuk melakukan pemodelan ARIMA dimana dalam pengoprasiaannya dapat menjalankan beberapa model sekaligus dengan parameter hasil yang jelas.

- **Data Cell Area Surabaya (Gcell)**
Untuk identifikasi hasil ukur, khusus untuk pengerjaan Tugas Akhir ini GCell didapatkan dari PT.NexWave.
- **Google Earth**
Untuk mengetahui titik letak BTS dan MS serta menghitung jarak diantara keduanya.
- **Minitab**
Untuk identifikasi data.

3.2 Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan 2 metode yang berbeda dimana keduanya dapat menggambarkan kondisi kualitas sinyal, metode tersebut adalah :

1. Metode Pengukuran Dinamis

Maksudnya pengukuran dilakukan secara *mobile* mengelilingi satu area. Dalam pengukuran ini satu area akan dilakukan 4 kali pengukuran dinamis. Tidak hanya sinyal data yang diukur melainkan sinyal suara juga diukur. Pengukuran ini dilakukan dengan berkeliling menggunakan sepeda motor selama 30 menit baik pada area dense urban, urban dan sub urban. Tujuan dari dilakukan pengukuran kualitas sinyal dengan menggunakan metode ini adalah untuk mengetahui kondisi kualitas sinyal secara keseluruhan pada suatu area dengan berbagai sel dan berbagai BTS yang mengcover suatu MS.

2. Metode Pengukuran Statis

Maksudnya pengukuran dilakukan di satu titik yang tetap tanpa berpindah sedikitpun. Pengukuran dengan metode statis dilakukan di sepanjang jalur pengukuran dinamis. Dalam pengukuran ini satu area akan dilakukan 18 kali pengukuran statis. Tidak hanya sinyal data yang diukur melainkan sinyal suara juga diukur. Titik pengukuran dapat dibaca melalui nilai *altitude* dan *longitude* nya. Tujuan dilakukannya pengukuran dengan metode ini adalah untuk mendapatkan kualitas sinyal 3G dengan satu titik pengamatan yang memfokuskan pada satu cakupan sel dan di cover oleh satu BTS.

Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mengukur level daya terima pada tiap-tiap area yang sudah ditentukan. Pengukuran dilakukan terhitung tanggal 27 Maret 2016 sampai tanggal 6 Mei 2016.

Total pengukuran sebanyak 81 kali atau 40.5 jam. Berikut adalah standar pengukuran yang dilakukan.

- Pengukuran dilakukan selama kurang lebih 30 menit.
- Level daya terima dicatat tiap 0.5 detik.
- Estimasi data yang didapatkan adalah 3000 data tiap pengukuran.
- Pada titik yang sama dilakukan pengukuran baik data maupun suara, sehingga satu titik dilakukan pengukuran selama 30 menit x 2 = 60 menit.

3.2.1 Skenario Pengukuran

Dalam melakukan pengukuran dengan menggunakan metode pengukuran yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, memiliki skenario yang berbeda dengan *drive test* pada umumnya. Terdapat 3 tahapan dalam pengukuran kualitas sinyal baik dalam pengukuran statis maupun pengukuran dinamis. Berikut adalah skenario pengukuran kualitas sinyal secara statis :

- **Tahap Persiapan**
Dalam tahapan ini diperlukan ketelitian dalam menyiapkan pengukuran yaitu :
 1. Pastikan batrai *handphone* dalam kondisi penuh.
 2. Nyalakan GPS pada perangkat *handphone*.
 3. Kunci jaringan pada sinyal 3G.
 4. Pastikan aplikasi G-NetTrack dapat dijalankan dan atur pencatatan data setiap 0.5 detik.
- **Tahap Pelaksanaan**
 1. Buka aplikasi *G-NetTrack*
 2. Klik lainnya.
 3. Pilih *Start Data Sequence* untuk pengukuran sinyal data dan *Start Voice Sequence* untuk pengukuran sinyal suara lalu akan muncul kotak dialog dan pilih *Yes*.
 4. Klik lainnya.
 5. Pilih *Start Log* lalu aplikasi tersebut memulai pengukuran kualitas sinyal.
 6. Pengukuran dilakukan selama 30 menit setelah 30 menit klik lainnya lalu pilih *End Log* maka pengukuran selesai.
- **Tahap Akhir**
 1. Pilih Map dan *capture*.

2. Cek apakah data hasil ukur sudah tersimpan atau belum, cek pada file manager-penyimpanan internal-GTrackPro Log-lihat hasil pengukuran disesuaikan dengan folder dengan nama operator dan waktu pengambilan data.
3. Cek apakah Cell ID hasil pengukuran terdapat pada GCell atau tidak.

Sedangkan untuk pengukuran dinamis memiliki beberapa tahapan yang sama dengan pengukuran statis, namun adapula yang berbeda pada tahapan pengukurannya. Tahapan pengukuran dinamis yaitu :

- **Tahap Persiapan**

Dalam tahap ini dilakukan tahapan yang sama dengan pengukuran statis.

- **Tahap Pelaksanaan**

Lakukan tahapan 1-5 pada pengukuran stasis.

6. Simpan Handphone pada tempat yang tidak mungkin jatuh.
7. Gunakan motor untuk mengelilingi objek ukur dari titik awal pengukuran sampai titik yang sama, lakukan sekali putaran selama 30 menit dengan kecepatan motor sekitar 10km/jam.
8. Ketika selesai berkeliling pilih *End Log* dan pengukuran selesai.

- **Tahap Akhir**

Lakukan tahap akhir sama seperti tahap akhir dalam pengukuran statis.

3.2.2 G-NetTrack

G-Net Track merupakan salah satu aplikasi *smartphone android* yang dapat untuk melakukan *drive test* baik itu dilakukan di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Berbeda dengan cara drive test yang dilakukan dengan mobil dimana membutuhkan laptop, *hanphone* dan GPS, aplikasi ini hanya membutuhkan *smartphone* berbasis *android*. Aplikasi ini mamfaatkan GPS yang sudah terdapat di *handphone*. Aplikasi ini merupakan aplikasi yang dibuat oleh GyokovSolutions, selain itu produk aplikasi yang dibuat tidak hanya G-NetTrack melaikan ada G-NetWifi, G-NetWorld, G-NetReport, G-NetDiag, G-NetEarth, G-NetTilt, G-NetLink, G-NetLock dan lain sebagainya.

The screenshot shows the G-NetTrack Pro v4.9 application interface. At the top, it displays the operator as TELKOMSEL and various network parameters including MCC, MNC, LAC, Type, RNC, CELLID, PSC, RSCP, ECNO, and SNR. It also shows GPS data like Longitude, Latitude, Speed, Height, and Altitude. Below this, it indicates UL and DL rates as 0 kbps. A table at the bottom shows a log of network data with columns for Time, AC, Node, CI, PC, Level, Qual, Type, and Serv.s.

Time	AC	Node	CI	PC	Level	Qual	Type	Serv.s
11:29:04	6219	632	31691	3%	-67	---	3G	298
11:34:44	6219	632	31697	3%	-57	---	3G	10
11:34:55	6219	632	31691	3%	-57	---	3G	8
11:35:04	6219	632	31694	3%	-55	---	3G	204
11:38:57	6219	632	31691	3%	-51	---	3G	272
11:42:08	6219	632	31694	3%	-51	---	3G	452

Gambar 3.3 Tampilan G-Net Track

Adapaun tahapan dalam melakukan drive test dengan aplikasi ini yaitu :

1. Aktifkan GPS yang ada di *Handphone*
2. Buka aplikasi G-NetTrack
3. Masuk ke *setting* dan atur nilai-nilai dari parameter ukur.
4. Klik map dan pilih data apakah yang ingin diketahui (*Level, Qual, Cell, DL Rate, UL Rate, Speed, SNR*)
5. Pilih mode yang akan diukur apakah sinyal *Voice* atau Data
6. Klik *Start Log* maka secara otomatis aplikasi akan merekam semua data hasil pengukuran
7. Setelah pengukuran selesai klik *End Log*

Data hasil perekaman ini dapat di jadikan format *cellfile* yang mana bisa di *import* ke *Google Maps*, selain itu data tiap menitnya bisa di jadikan format *.txt* dimana bisa dituangkan ke dalam bentuk *excel* ataupun *word* yang dijadikan untuk penyajian data.

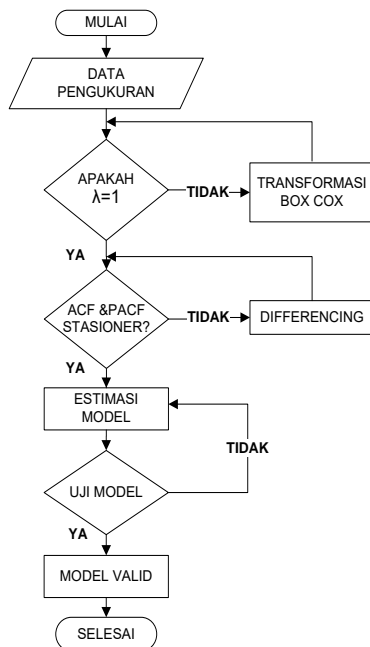
3.3 Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal Terima

Dalam pemodelan ARIMA kali ini, digunakan data hasil ukur yang sudah di dapat pada tahap sebelumnya, dimana data dari hasil pengukuran tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Sifat data : Data metrik (data rasio)
- Jenis data : Data primer
- Cara pengumpulan data : *Sampling*

- Teknik sampling : Penyampelan random sistematis
- Data menurut waktu : *Time series data*

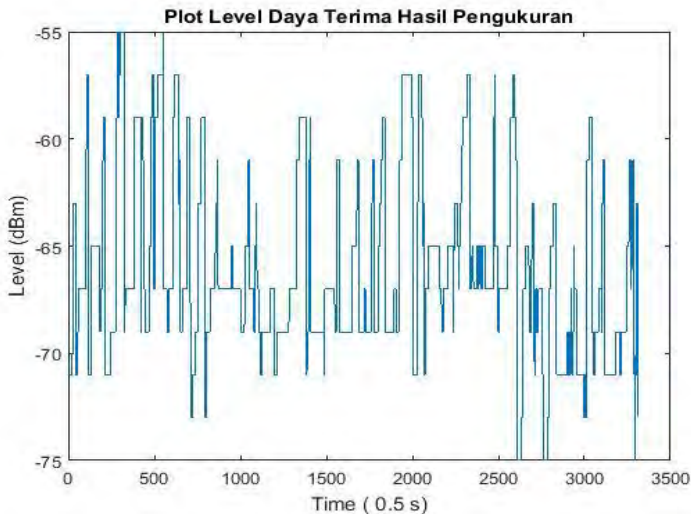
Tujuan dari dibuatnya pemodelan ini adalah untuk mempermudah dalam memprediksi kualitas sinyal di daerah yang sama untuk beberapa waktu kedepan. Pada bagian akhir akan dilakukan peramalan dan data hasil peramalan dibandingkan dan dengan data asli, sehingga diketahui berapa ketepatan data hasil peramalan. Alur pemodelan seperti gambar 3.4 pada dasarnya dibagi menjadi 3 bagian yaitu identifikasi, penaksiran dan pengujian serta penerapan model. Ketiga tahapan tersebut harus dijalankan secara runtut, dikarenakan agar mendapatkan model terbaik untuk suatu permasalahan maka diharuskan jeli dalam melakukan identifikasi data dan penaksiran model yang akan digunakan. Sehingga pemodelan yang dibuat bukan berdasarkan percobaan secara acak dan tanpa proses yang sistematis.



Gambar 3.4 Alur Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal

3.3.1 Identifikasi Data

Tahap awal dalam melakukan pemodelan adalah dengan melakukan identifikasi data murni atau data sebelum diolah. Untuk karakteristik data hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.5, pada gambar tersebut terlihat bahwa data hasil ukur memiliki jika variasi data memiliki pola yang hampir sama di setiap waktunya atau bisa dikatakan memiliki nilai tengah. Dengan data yang memiliki pola seperti itu maka dalam melakukan pemodelan tidak akan terlalu rumit.



Gambar 3.5 Plot Data Hasil Ukur

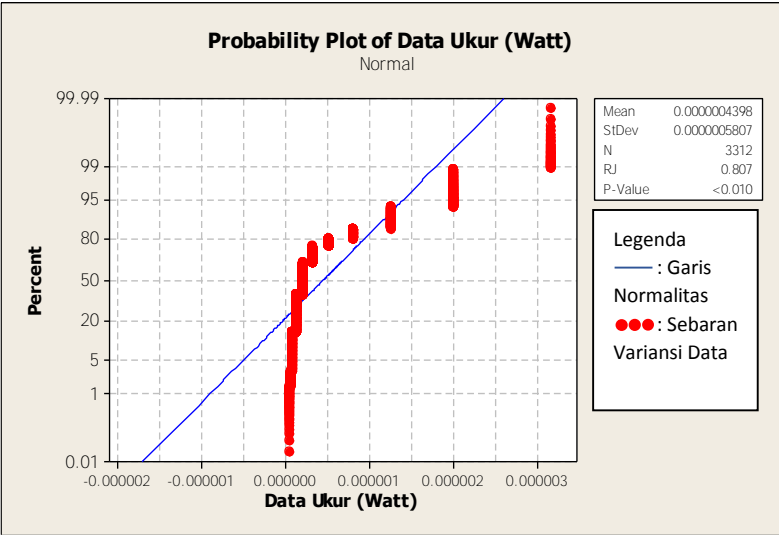
Sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut ubah data ke satuan Watt (daya), dimana data sebelumnya dalam bentuk *level* (dB) dan memiliki nilai minus. Tujuan merubah ke Watt adalah untuk menghilangkan nilai minus tersebut, karena agar dapat diuji normalitas maka harus bernilai positif (> 0). Gunakan formula dibawah ini untuk merubah menjadi Watt.

$$\text{Watt} = 10^{(\text{dB}/10)} \quad (3.1)$$

Dimana : dB = nilai dalam satuan dB

3.3.1.1 Uji Normalitas

Setelah di ubah menjadi satuan Watt, barulah dapat dilakukan uji normalitas *Ryan Joiner*. Hasil uji normalitas (gambar 3.6) menunjukkan nilai **P-Value** adalah <0.01 (kurang dari 0.01) nilai tersebut kurang dari 0.05 (<0.05) maka dapat ditarik kesimpulan jika data hasil pengukuran dinyatakan tidak berdistribusi normal. Selain dari nilai **P-Value** kesimpulan tersebut juga dapat ditarik melalui gambar hasil plot data. Plot data pada gambar tersebut tidak berada di sekitar atau mendekati garis lurus dan hal tersebut menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal. Data tersebut tidak dapat dimodelkan, sehingga agar bisa dimodelkan data tersebut terlebih dahulu harus ditransformasi (transformasi *Box Cox*)

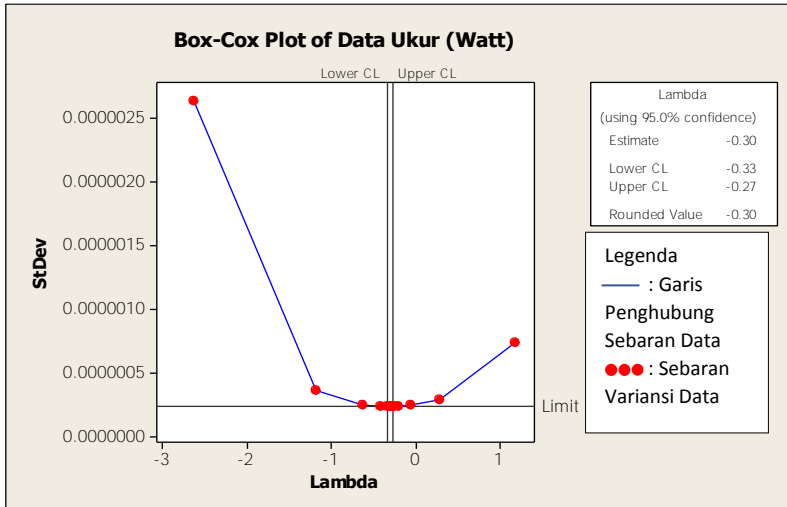


Gambar 3.6 Hasil Plot Uji Normalitas

Tujuan dilakukannya transformasi Box Cox adalah agar data dapat stasioner terhadap varian atau data memiliki sebaran data di sekitar garis normal (titik-titik merah berada di sekitar garis biru atau garis normal).

3.3.1.2 Transformasi *Box Cox*

Dilakukannya transformasi *Box Cox* pada data hasil pengukuran bertujuan untuk membuat data hasil pengukuran menjadi *stasioner* terhadap varian. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2.4.7 dimana dengan tahap ini akan mengubah data menjadi *stasioner* terhadap rata-rata.

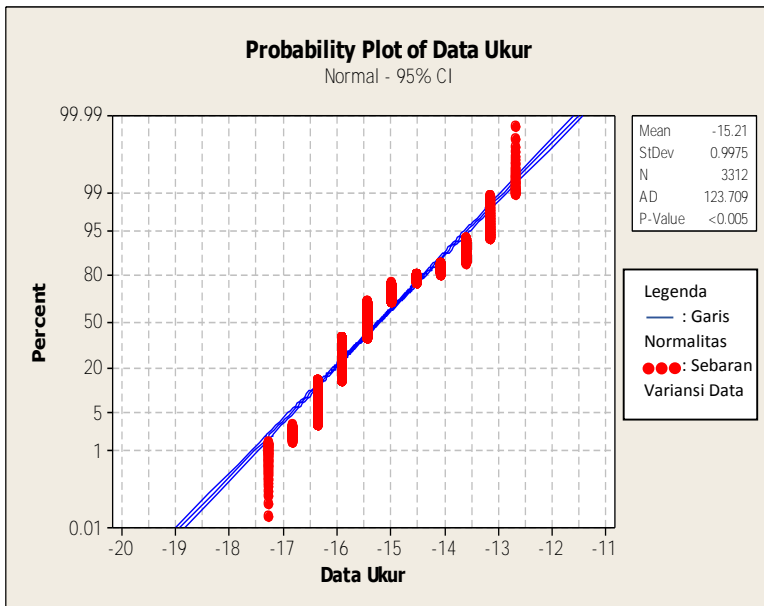


Gambar 3.7 Hubungan Lambda dan Standar Deviasi

Dari gambar diatas didapatkan informasi jika data memiliki nilai lambda :

- Estimasi nilai lambda = -0.30
- Batas bawah nilai lambda = -0.33
- Batas atas lambda nilai = -0.27
- Nilai lambda sekitar = -0.30

Rekomendasi nilai lambda agar mudah diolah dan mudah dimengerti yang disesuaikan dengan karakteristik data awal adalah nilai 0, 0.5 dan -0.5. Sesuai dengan bab 2.4.7 maka data dapat di ubah nilai lambdanya menjadi 0 (ln data) atau $-0.5 (1/\sqrt{\text{data}} - 0.5)$ untuk memudahkan perhitungan maka pilih pendekatan ke 0.

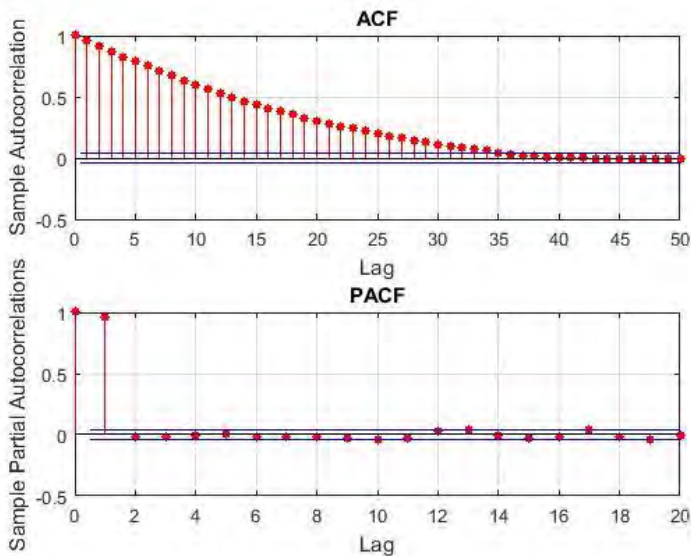


Gambar 3.8 Data Setelah Dilakukan Transformasi *Box Cox*

Dilihat dari nilai *P-Value* hasil transformasi adalah <0.005 , maka data sudah ternormalisasi dan bisa dilakukan pemodelan dengan keakuratan model yang lebih baik dari pada sebelumnya.

3.3.2 Penaksiran Dan Pengujian

Tujuan dilakukannya penaksiran terkait model ARIMA adalah untuk mengetahui model yang ideal untuk data pengukuran. Penaksiran model dilakukan dengan mengetahui hasil plot dari ACF (*Auto Correlation Function*) dan PACF (*Partial Auto Correlation Function*). Dari kedua plot tersebut akan dilihat pola dari data ukur. Dengan menggunakan tabel 2.6, yang mana akan diketahui estimasi awal dari model, sehingga estimasi model dilakukan dengan tidak sepenuhnya melakukan semua kemungkinan dari model yang ada baik itu AR, MA, ARMA dan ARIMA dengan variasi ordenya.



Gambar 3.9 Plot ACF dan PACF Data Ukur

Dari hasil plot ACF dan PACF (gambar 4.8) dan disesuaikan dengan sub bab 2.4.6 tepatnya tabel 2.6 yang merupakan tabel gambar pola ACF dan PACF, selain itu pola ACF turun eksponensial menuju nilai 0 dan PACF nilai turun drastis pada lag ke 2. Sehingga kemungkinan besar dari model yang digunakan adalah model AR dengan orde 2 atau 1, dengan kata lain estimasi awal dari model adalah $(2,0,0)$ atau $(2,0,1)$.

3.4 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *Link Budget* diperlukan sebagai referensi perbandingan data antara data hasil pengukuran, perhitungan dan hasil pemodelan. Ketika pengukuran di satu titik sudah selesai maka langkah selanjutnya adalah mengecek apakah Cell ID yang tercatat pada saat pengukuran terdapat pada data GCell, jika tidak terdapat pada GCell maka gunakan pengukuran pada titik lokasi yang lainnya. Tidak adanya Cell ID pada data GCell bukan disebabkan oleh data GCell yang tidak lengkap atau karena perangkat ukur mengalami kerusakan sehingga tidak valid untuk dilakukan pengukuran, melainkan karena GCell operator telkomsel setiap bulannya akan selalu di *update*. Jadi jika GCell yang dimiliki terhitung bulan Januari dan selama itu terdapat beberapa

pemasangan BTS baru ataupun penambahan antenna pemancar sehingga data dari Cell ID tidak akan ditemukan pada GCell yang dimiliki. Ketika menemui kasus seperti ini maka diharuskan melakukan pengukuran ulang dengan titik lokasi pengukuran yang berbeda. Data pada GCell ini penting dikarenakan pada GCell terdapat titik lokasi dari pemancar sinyal seluler serta terdapat pula jenis antenna pemancar yang digunakan. kedua data tersebut sangat diperlukan dalam perhitungan *Link Budget*.

Untuk mengetahui Jarak antara MS dan BTS, dimana data tersebut diperlukan untuk menghitung *Path loss*, digunakanlah Google Earth dengan mengetahui letak geografis dari posisi MS dan BTS. Untuk GCell atau data sel dari operator Telkomsel didapatkan dari PT.NexWave. Sedangkan untuk parameter-parameter *Link Budget* dapat dilihat di bab 2, baik itu terkait antenna yang digunakan maupun *loss* perangkat. Berikut adalah ringkasan spesifikasi parameter *Link Budget* yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

Tabel 3.1 Parameter *Link Budget*

Parameter	Nilai/Satuan	Keterangan
Tx Power(P_{TX})	20 W = 43dBm	
Tinggi MS(h_R)	1.5 m	
Tinggi Antena (h_B)	40, 30, 20	Disesuaikan data GCell
Antena Gain (G_{TX})	18dB, 16.1dB,	Disesuaikan jenis antenna
Frekuensi (f)	2127 MHz	
Body Loss (L_r)	3 dB ^{[19][20]}	

3.4.1 *Path loss*

Model propagasi yang digunakan untuk mencari nilai *path loss* adalah model propagasi Cost Hata, dimana nilai *path loss* dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.1) serta dengan menggunakan parameter *Link Budget* (tabel 3.1). Namun sebelum menghitung nilai *path loss*, diharuskan terlebih dahulu menghitung nilai $a(h_m)$ dengan persamaan (2.2). Setelah diketahui nilai $a(h_m)$ barulah dapat dicari nilai *path loss* berdasarkan model Cost Hata.

3.4.2 EIRP

Dalam pengukuran dilapangan ditemukan fakta bahwa jenis antenna yang digunakan di ketiga klasifikasi area pengukuran hanya menggunakan antenna dengan jenis K742215, TBXLHA-6565C-VTM dan HBXX-6516DS-VTM. Ketiga antenna ini memiliki *Power* transmit yang sama yaitu 43dBm atau 20W. Selain itu ketiga antenna tersebut memiliki tinggi yang sama yaitu 40 meter sehingga estimasi panjang kabel yang digunakan guna mempertimbangkan nilai *loss* kabel (L_k) yaitu 45 meter. Jenis kabel yang digunakan adalah kabel coaxial dengan ukuran 0.875" dengan nilai *loss* 0.06dB/meter.

$$\begin{aligned}L_k &= 40m \times 0.06dB = 2.7dB \\L_C &= 2 \times 0.42dB = 0.84 dB\end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}L_k &= \text{Loss Kabel Coaxial} \\L_C &= \text{Loss Konektor}\end{aligned}$$

3.4.3 RSL

Perhitungan RSL merupakan tahapan perhitungan terakhir, dimana data hasil pengukuran merupakan data RSL per satuan waktu. Dalam perhitungan nilai RSL dipertimbangkan pula nilai *handover* dan fading margin. Untuk nilai *handover* adalah 0dB, hal ini dikarenakan pengamatan dilakukan pada satu BTS sehingga nilai *handover*nya adalah 0dB. Sedangkan nilai *fading margin* yang merupakan nilai dimana sinyal dipantulkan oleh gedung-gedung. Asumsi nilai *fading margin* adalah 10dB. Berikut adalah parameter perhitungan RSL.

Tabel 3.2 Parameter Perhitungan RSL

Parameter	Nilai
<i>Handover</i>	0 dB
<i>Fading Margin</i>	10.3 dB ^{[19][20]}
<i>Wall loss</i>	0 dB
EIRP	Disesuaikan
<i>Path loss</i>	Disesuaikan

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada area *dense urban*, *urban* dan *sub urban*. Tabel 4.1 menunjukkan tiap-tiap titik pengamatan dari area *urban*, *urban* dan *sub urban*.

Tabel 4.1 Titik Lokasi Pengukuran

Dense Urban			Urban			Sub Urban		
Titik Lokasi		Wilayah	Titik Lokasi		Wilayah	Titik Lokasi		Wilayah
Long	Altit		Long	Altit		Long	Altit	
112.7419	-7.2661	Jl.Basuki Rahmad	112.7652	-7.2658	Jl.Dharma Husada	112.8	-7.3004	Keputih Tegal
112.7474	-7.2651	Jl.Pemuda	112.7622	-7.2745	Jl. Menur	112.797	-7.3107	Jl.Medokan Semampir
112.7149	-7.2716	Jl.Basuki Rahmad	112.76528	-7.2798	Jl.Manyar Kertoarjo	112.789	-7.3078	Jl.Medokan Semampir
112.7367	-7.2599	Jl.Embong Malang	112.77136	-7.2678	Jl.Dharma Husada	112.779	-73101	Jl.Medokan Semampir
112.7453	-7.2656	Panglima Soedirman	112.77304	-7.2736	Jl.Dharma Husada	112.8	-7.3023	Keputih Tegal
112.7447	-7.2674	Jl.Raya Darmo	112.76116	-7.2716	Jl.Karang Menjangan	112.799	-7.3059	Jl.Medokan Semampir
112.7397	-7.2913	Jl.Raya Gubeng	112.76091	-7.2667	Jl.Karang Menjangan	112.801	-7.2908	Keputih Tegal
112.7501	-7.2709	Jl.Basuki Rahmad	112.77064	-7.2804	Jl.Manyar Kertoarjo	112.802	-7.2953	Keputih Tegal
112.7411	-7.2637	Panglima Soedirman	112.7739	-7.2691	Jl.Dharma Husada	112.801	-7.2979	Jl.Medokan Keputih

Dengan melakukan pengukuran ini, didapatkan informasi terkait identifikasi jaringan yang sedang digunakan. Data hasil pengukuran (Cell ID) akan disesuaikan dengan data Gcell untuk mengetahui identitas BTS secara lebih detail.



Gambar 4.1 Hasil Pembacaan Daya Terima

Dari gambar 4.1 dapat diketahui jika daya terima yang ditangkap oleh perangkat seluler sangat kecil yaitu -77dB atau 20pW (20×10^{-12} W).

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran

Timestamp	Long	Lat	Op name	Cell ID	LAC	Lev (dBm)
2016.04.05 08.53.50	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.50	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.50	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.51	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.52	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.52	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.53	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.53	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.54	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.54	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.55	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.55	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.56	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.56	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.57	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.57	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.58	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.58	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.53.59	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.54.00	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.54.00	112.7412	-7.2661	TSEL	33226	6218	-71
2016.04.05 08.54.01	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-71
2016.04.05 08.54.02	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-71
2016.04.05 08.54.02	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-71
2016.04.05 08.54.03	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-65
2016.04.05 08.54.03	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-65
2016.04.05 08.54.04	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-65
2016.04.05 08.54.05	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-65
2016.04.05 08.54.05	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63
2016.04.05 08.54.06	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63
2016.04.05 08.54.06	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63
2016.04.05 08.54.07	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63
2016.04.05 08.54.07	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63
2016.04.05 08.54.08	112.7412	-7.2661	TSEL	33229	6218	-63

Tabel 4.3 Rata-Rata Hasil Pengukuran Tiap Area

Rata-Rata Level			
Metode Ukur	Dense Urban (dB)	Urban (dB)	Sub Urban (dB)
Statis 1	-66.0755	-59.038	-78.2449
Statis 1V	-65.7916	-61.8428	-78.9205
Statis 2	-65.5252	-54.949	-59.7384
Statis 2V	-64.7557	-54.3302	-63.6053
Statis 3	-55.7176	-64.5447	-71.3901
Statis 3V	-57.5598	-63.389	-81.2736
Statis 4	-59.8915	-71.2402	-59.1148
Statis 4V	-61.767	-70.3349	-59.3701
Statis 5	-54.7623	-64.2765	-59.6597
Statis 5V	-55.2526	-67.1946	-56.2557
Statis 6	-61.7359	-52.7314	-70.6519
Statis 6V	-60.8188	-51.4789	-68.8482
Statis 7	-56.7383	-51.8766	-74.3998
Statis 7V	-59.3788	-54.3534	-73.2075
Statis 8	-58.2239	-78.017	-73.1875
Statis 8V	-60.1807	-80.2918	-74.1863
Statis 9	-59.7898	-61.4358	-70.7665
Statis 9V	-57.7007	-62.4347	-70.5222
Dinamis 1	-59.8569	-62.1795	-67.5605
Dinamis 1V	-59.5114	-63.2926	-68.4859
Dinamis 2	-59.4694	-62.2229	-67.0849
Dinamis 2V	-61.0019	-62.3254	-70.1601
Rata-Rata	-60.0684	-62.4445	-68.9379

Keterangan tabel :

- Statis1 = Pengukuran sinyal data dengan metode statis dengan urutan pengukuran ke-1
- Statis1V = Pengukuran sinyal suara dengan metode statis dengan urutan pengukuran ke-1
- Dinamis1 = Pengukuran sinyal data dengan metode dinamis dengan urutan pengukuran ke-1
- Dinamis1V = Pengukuran sinyal suara dengan metode dinamis dengan urutan pengukuran ke-1

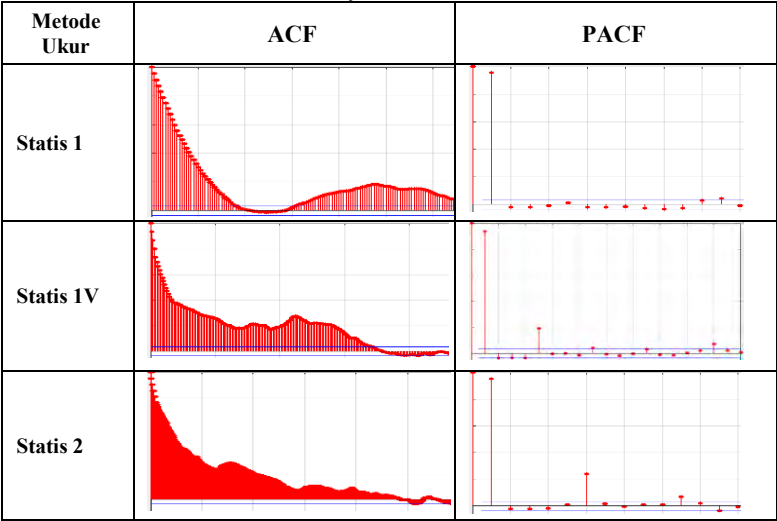
Tabel 4.2 merupakan tabel hasil pengukuran pada daerah *dense urban*. Dari gambar tersebut dapat diidentifikasi jaringan 3G yang sedang diakses. Jika dilihat pada kolom *level* dapat diketahui jika nilai *level* daya

terima tidak mengalami perubahan yang signifikan, bahkan untuk beberapa waktu terdapat nilai *level* daya terima yang konstan. Jika dilihat dari tabel 4.3 dimana tabel tersebut berisi nilai rata-rata level daya terima untuk tiap titik pengamatan. Dari hasil tersebut terlihat jika *level* daya terima dari *dense urban* memiliki nilai paling baik setelah itu area *urban* dan terakhir adalah *sub urban*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan jika semakin ramai dan atau semakin padat suatu wilayah maka memiliki kualitas sinyal yang baik. Dengan hasil pengukuran tersebut dan jika dicocokkan dengan tabel 2.5 maka diketahui jika untuk wilayah *dense urban* dan wilayah *urban* masih memiliki kualitas sinyal dengan kategori “baik sekali”, sedangkan untuk wilayah *sub urban* dimana memiliki rata-rata *level* -68.9379dB maka dapat dinyatakan jika kategori kualitas sinyal wilayah *sub urban* adalah “sangat baik”.

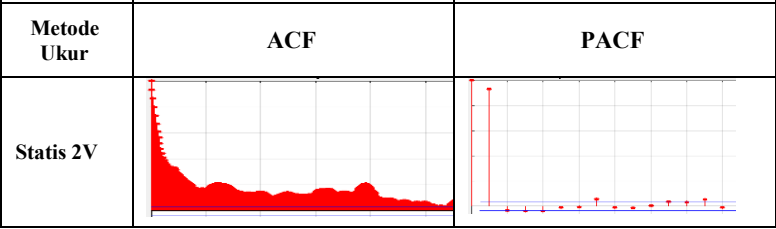
4.2 Pemodelan ARIMA Kualitas Sinyal Seluler

Berdasarkan bab 3.3 dimana terdapat tahapan pengecekan karakteristik ACF dan PACF yang berfungsi sebagai estimasi awal dari model yang akan digunakan. Berikut adalah sampel pola ACF dan PACF dari masing-masing area.

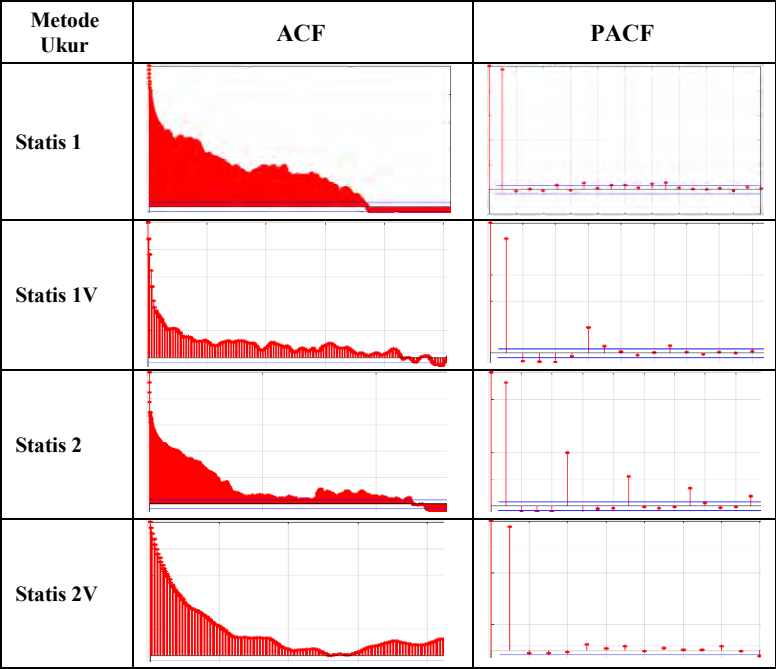
Tabel 4.4 ACF Dan PACF Wilayah *Dense Urban*



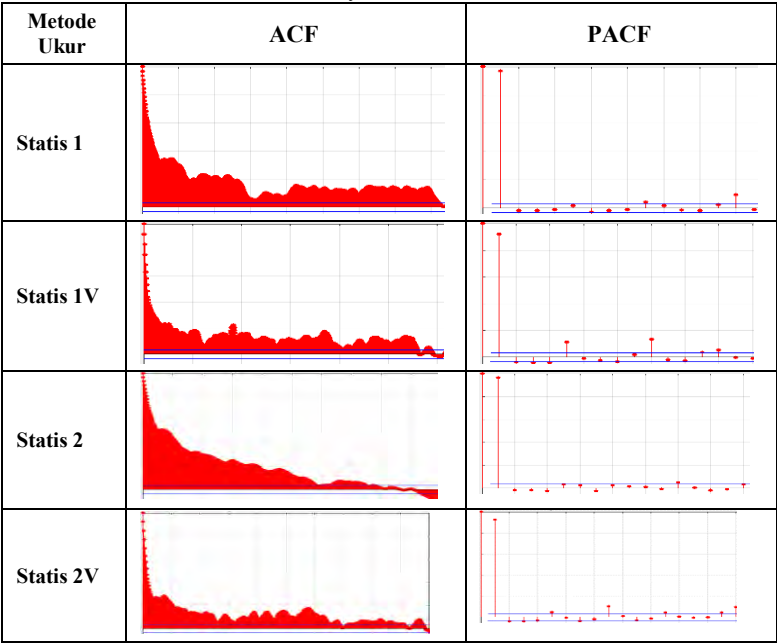
Tabel 4.4 ACF Dan PACF Wilayah *Dense Urban* (Lanjutan)



Tabel 4.5 ACF Dan PACF Wilayah *Urban*



Tabel 4.6 ACF Dan PACF Wilayah *Sub Urban*



4.2.1 Estimasi Model

Pada bab ini akan dicoba untuk melakukan estimasi model yang digunakan sehingga pemodelan dilakukan bukan dengan percobaan secara acak. Pengecekan pola ACF dan PACF mmenggunakan data yang telah ditransformasi *Box Cox* (bab 3.3.1.2). Dengan melihat pola ACF dan PACF dari tiap-tiap data (tabel 4.3, 4.4, 4.5) dan dikoreksi dengan tabel 2.6 maka dapat diketahui estimasi awal dari model tiap-tiap area nya. Pada tabel 4.3, 4.4 dan 4.5 menunjukkan tiap-tiap data baik dense urban, urban maupun sub urban menunjukkan pola ACF turun cepat secara *exponensial* menuju ke titik 0 maka dengan data pola tersebut menunjukkan pola model dari (1,0,0). Sedangkan pola PACF terpotong setelah lag ke 2 ini menunjukkan model ber orde 2 (2,0,0). Dengan pola tersebut data tidak perlu mengalami proses *differencing*, sehingga estimasi awal dari model adalah ARIMA (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1), (2,0,0), (2,0,1) dan (2,1,1).

4.2.2 Pengujian Estimasi Model

Pengujian model estimasi dilakukan dengan menggunakan *software Matlab*. Pengujian dilakukan untuk model dengan estimasi model (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1), (2,0,0), (2,0,1) dan (2,1,1). Coding matlab terlampir di bagian akhir dari buku Tugas Akhir. Pengujian data dilakukan dengan mempertimbangkan parameter-parameter pengujian model yaitu FIT, MSE, FPE, AIC dan BIC, untuk keterangan terkait parameter-parameter uji pemodelan bisa dilihat pada sub bab 2.4.8, berikut adalah tabel parameter ukur dari area *dense urban*, *urban* dan *sub urban*

Tabel 4.7 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah *Dense Urban*

Pengukuran	FIT %					
	1, 0, 0	1, 0, 1	1, 1, 1	2, 0, 0	2, 0, 1	2, 1, 1
Statis 1	70.58	70.58	57.59	70.58	70.90	57.58
Statis 2	69.25	69.25	64.07	69.25	69.66	64.15
Statis 3	76.41	76.41	62.83	76.41	76.59	63.21
Statis 4	65.36	65.36	57.12	65.36	65.90	57.44
Statis 5	60.25	60.25	55.21	60.25	60.25	55.21
Statis 6	81.44	81.44	74.86	81.44	81.44	74.97
Statis 7	65.00	65.00	58.77	65.00	65.28	58.75
Statis 8	68.11	68.11	58.48	68.11	68.52	58.49
Statis 9	74.91	74.91	67.07	74.91	74.91	66.27
Statis 1V	63.61	63.61	57.13	63.61	64.27	57.19
Statis 2V	63.41	63.41	56.36	63.41	63.46	51.37
Statis 3V	66.92	66.92	42.77	66.92	67.37	44.48
Statis 4V	65.36	65.36	57.12	65.36	65.90	57.44
Statis 5V	67.88	67.88	63.45	67.88	67.88	62.53
Statis 6V	74.79	74.79	68.34	74.80	75.10	68.38
Statis 7V	74.70	74.70	61.41	74.70	74.90	62.12
Statis 8V	63.90	63.90	52.98	63.90	64.53	53.22
Statis 9V	62.92	62.92	58.16	62.92	63.71	58.20
Dinamis 1	57.88	57.88	50.70	57.88	58.83	51.60
Dinamis 2	54.95	54.95	47.45	54.95	56.09	51.20
Dinamis 1V	52.86	52.86	49.12	52.86	54.17	50.60
Dinamis 2V	54.72	54.72	51.12	54.72	55.86	52.06

Tabel 4.8 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah *Urban*

Pengukuran	FIT %					
	1, 0, 0	1, 0, 1	1, 1, 1	2, 0, 0	2, 0, 1	2, 1, 1
Statis 1	76.486	76.486	67.106	76.486	76.785	67.245
Statis 2	61.282	61.280	53.015	61.282	61.282	54.721
Statis 3	70.358	70.358	55.325	70.358	70.719	55.609
Statis 4	76.042	76.042	66.937	76.042	76.160	66.934
Statis 5	68.451	68.451	61.668	68.451	68.451	61.669
Statis 6	63.625	63.625	46.637	63.625	64.204	42.922
Statis 7	47.075	47.053	38.489	47.075	49.016	30.671
Statis 8	67.399	67.399	48.608	67.399	67.981	48.631
Statis 9	68.238	68.237	59.845	68.238	68.684	59.846
Statis 1V	51.398	51.397	41.718	51.423	52.894	41.674
Statis 2V	71.311	71.311	54.071	71.311	71.619	54.065
Statis 3V	54.434	54.434	43.072	54.434	55.633	43.140
Statis 4V	63.980	63.980	54.035	63.980	64.574	51.329
Statis 5V	69.162	69.162	62.420	69.162	69.656	62.438
Statis 6V	60.826	60.826	15.771	60.826	61.599	15.590
Statis 7V	67.962	67.962	55.160	67.962	68.379	55.289
Statis 8V	74.257	74.257	65.469	74.257	74.622	65.489
Statis 9V	56.993	56.992	46.927	56.993	58.051	47.543
Dinamis 1	75.195	75.196	72.197	75.195	75.196	72.197
Dinamis 2	77.477	77.477	73.187	77.477	77.621	73.188
Dinamis 1V	78.792	78.792	72.849	78.792	78.919	73.422
Dinamis 2V	78.489	78.489	74.636	78.489	78.611	74.618

Tabel 4.9 Hasil Uji Estimasi Model Wilayah *Sub Urban*

Pengukuran	FIT %					
	1, 0, 0	1, 0, 1	1, 1, 1	2, 0, 0	2, 0, 1	2, 1, 1
Statis 1	75.22	75.22	61.70	75.22	75.45	61.70
Statis 2	74.00	74.00	64.53	74.00	74.00	64.52
Statis 3	85.87	85.87	77.32	85.87	85.88	77.32
Statis 4	73.34	73.34	63.20	73.34	73.64	63.21
Statis 5	57.02	57.02	48.76	57.02	58.32	48.94
Statis 6	73.32	73.32	63.09	73.32	73.55	63.58
Statis 7	73.38	73.38	53.18	73.38	73.61	21.71
Statis 8	74.85	74.85	62.65	74.85	75.05	62.65
Statis 9	66.94	66.94	54.97	66.94	67.40	54.43
Statis 1V	60.70	60.70	50.55	60.70	61.56	50.53
Statis 2V	60.81	60.81	50.75	60.81	61.62	50.93
Statis 3V	63.91	63.91	52.28	63.91	63.91	52.28

Pengukuran	FIT %					
	1, 0, 0	1, 0, 1	1, 1, 1	2, 0, 0	2, 0, 1	2, 1, 1
Statis 4V	64.01	64.01	57.67	64.02	64.02	58.32
Statis 5V	54.14	54.14	44.31	54.14	55.74	44.80
Statis 6V	64.13	64.13	56.05	64.13	64.72	56.06
Statis 7V	69.51	69.51	54.35	69.51	69.83	54.33
Statis 8V	62.55	62.55	43.58	62.55	63.22	43.85
Statis 9V	58.42	58.42	44.02	58.42	59.33	44.05
Dinamis 1	77.03	77.03	70.01	77.03	77.19	70.07
Dinamis 2	76.43	76.43	75.11	76.43	76.43	74.92
Dinamis 1V	75.73	75.73	72.26	75.73	75.91	72.38
Dinamis 2V	78.19	78.19	76.38	78.19	78.19	76.38

Dari tabel diatas diketahui jika model dengan FIT % terbesar adalah model ARIMA (2,0,1), dimana FIT% menunjukkan ketepatan model terhadap data terkait, jadi semakin mendekati 100% maka akan semakin baik. Untuk area *dense urban*, *urban* dan *sub urban* memiliki karakteristik model yang sama (2,0,1) baik itu untuk pengukuran secara statis maupun dinamis serta baik itu untuk sinyal data maupun sinyal suara. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan jika untuk melakukan pengamatan kualitas sinyal seluler maka menggunakan model ARIMA (2,0,1) untuk semua area dan tanpa pengecualian. ARIMA (2,0,1) maksudnya adalah model ARIMA dengan AR ber orde 2 dan MA ber orde 1. Untuk mengetahui kevalidan suatu model parameter yang dijadikan referensi adalah FIT, MSE, FPE, BIC dan AIC (bab 2.4.8), untuk kelengkapan parameter tersebut terlampir pada bagian akhir buku ini.

4.2.3 Penerapan Model

Dengan model ARIMA (2,0,1) dimana hanya terdapat elemen AR (2) dan MA (1) dengan rumus 2.8 pada bab 2.4.3 sehingga diperlukan 2 koefisien AR dan 1 koefisien MA. Dengan nilai koefisien yang didapat dari pemodelan 2,0,1 dapat dijadikan acuan dalam peramalan data. Nilai hasil peramalan tidak akan pernah mencapai ketepatan 100%, dengan kata lain pasti akan selalu ada kesalahan walaupun nilainya sangat kecil, variasi nilai peramalan dapat kurang dari hasil pengukuran atau lebih dari pengukuran, namun selisih diantara keduanya sangat kecil. Tabel 4.10, 4.11 dan 4.12 merupakan koefisien dari tiap-tiap model.

Tabel 4.10 Parameter Statistik (2,0,1) *Dense Urban*

No	Pengukuran	Koefisien AR			Koefisien AR	
		$\phi(0)$	$\phi(1)$	$\phi(2)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$
1	Statis 1	1.00	-1.955	0.955	1.00	-0.999
2	Statis 2	1.00	-1.929	0.929	1.00	-0.989
3	Statis 3	1.00	-1.948	0.948	1.00	-0.987
4	Statis 4	1.00	-1.925	0.925	1.00	-0.993
5	Statis 5	1.00	-1.083	0.083	1.00	-0.083
6	Statis 6	1.00	-0.911	-0.088	1.00	0.087
7	Statis 7	1.00	-0.118	-0.881	1.00	0.942
8	Statis 8	1.00	-1.947	0.947	1.00	-0.999
9	Statis 9	1.00	-1.567	0.567	1.00	-0.568
10	Statis 1V	1.00	-1.919	0.919	1.00	-0.995
11	Statis 2V	1.00	-0.054	-0.944	1.00	0.962
12	Statis 3V	1.00	-1.945	0.945	1.00	-0.999
13	Statis 4V	1.00	-1.925	0.925	1.00	-0.993
14	Statis 5V	1.00	-1.492	0.492	1.00	-0.492
15	Statis 6V	1.00	-1.915	0.915	1.00	-0.978
16	Statis 7V	1.00	-1.966	0.966	1.00	-0.999
17	Statis 8V	1.00	-1.913	0.913	1.00	-0.991
18	Statis 9V	1.00	-1.909	0.909	1.00	-0.997
19	Dinamis 1	1.00	-1.907	0.907	1.00	-0.999
20	Dinamis 2	1.00	-1.899	0.899	1.00	-1.000
21	Dinamis 1V	1.00	-1.863	0.864	1.00	-0.985
22	Dinamis 2V	1.00	-1.896	0.896	1.00	-0.999

Tabel 4.10 merupakan koefisien dari model ARMA (AutoRegressive Moving Average). Dimana koefisien tersebut akan diterapkan dalam model yang digunakan dalam peramalan. Tabel 4.10 merupakan tabel koefisien pemodelan khusus untuk area dense urban. Untuk area urban dan sub urban koefisiennya dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12. tiap tabel memiliki variasi koefisien yang berbeda-beda. Nilai koefisien tiap areanya memiliki variasi yang berbeda, baik perbedaan tiap pengukurannya maupun perbedaan antara tiap area yang tiap objek ukur. Perbedaan ini menunjukkan jika variasi data memiliki nilai yang cukup bervariasi. $\phi(0)$ bernilai 1 karena sama saja dengan $n^0 = 1$, berapapun dipangkatkan 0 maka hasilnya adalah satu, 0 merupakan orde ke-0 dari data yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan peramalan kualitas sinyal seluler pada tiap area.

Tabel 4.11 Parameter Statistik (2,0,1) *Urban*

No	Pengukuran	Koefisien AR			Koefisien AR	
		$\varphi(0)$	$\varphi(1)$	$\varphi(2)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$
1	Statis 1	1.00	-1.940	0.940	1.00	-0.995
2	Statis 2	1.00	-0.609	-0.391	1.00	0.391
3	Statis 3	1.00	-1.939	0.939	1.00	-0.993
4	Statis 4	1.00	-0.023	-0.976	1.00	0.967
5	Statis 5	1.00	-1.891	0.891	1.00	-0.979
6	Statis 6	1.00	-1.921	0.921	1.00	-0.992
7	Statis 7	1.00	-1.842	0.842	1.00	-0.992
8	Statis 8	1.00	-1.928	0.928	1.00	-0.999
9	Statis 9	1.00	-1.933	0.933	1.00	-0.994
10	Statis 1V	1.00	-1.862	0.862	1.00	-0.990
11	Statis 2V	1.00	-1.953	0.953	1.00	-0.997
12	Statis 3V	1.00	-1.895	0.895	1.00	-0.999
13	Statis 4V	1.00	-1.932	0.932	1.00	-0.999
14	Statis 5V	1.00	-1.916	0.916	1.00	-0.989
15	Statis 6V	1.00	-1.922	0.922	1.00	-1.000
16	Statis 7V	1.00	-1.947	0.947	1.00	-0.999
17	Statis 8V	1.00	-1.897	0.897	1.00	-0.972
18	Statis 9V	1.00	-1.893	0.893	1.00	-0.995
19	Dinamis 1	1.00	-0.980	-0.019	1.00	0.020
20	Dinamis 2	1.00	-1.970	0.970	1.00	-0.998
21	Dinamis 1V	1.00	-1.975	0.975	1.00	-0.999
22	Dinamis 2V	1.00	-1.971	0.971	1.00	-0.997

Tabel 4.12 Parameter Statistik (2,0,1) *Sub Urban*

No	Pengukuran	Koefisien AR			Koefisien AR	
		$\varphi(0)$	$\varphi(1)$	$\varphi(2)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$
1	Statis 1	1.00	-1.959	0.959	1.00	-0.998
2	Statis 2	1.00	-1.805	0.805	1.00	-0.806
3	Statis 3	1.00	-0.016	-0.984	1.00	0.988
4	Statis 4	1.00	-1.932	0.931	1.00	-0.986
5	Statis 5	1.00	-1.840	0.840	1.00	-0.976
6	Statis 6	1.00	-1.947	0.947	1.00	-0.989
7	Statis 7	1.00	-1.964	0.964	1.00	-0.999
8	Statis 8	1.00	-1.961	0.961	1.00	-0.996
9	Statis 9	1.00	-1.941	0.941	1.00	-0.998
10	Statis 1V	1.00	-1.905	0.905	1.00	-0.995
11	Statis 2V	1.00	-1.908	0.908	1.00	-0.995
12	Statis 3V	1.00	-1.397	0.397	1.00	-0.397

No	Pengukuran	Koefisien AR			Koefisien AR	
		$\phi(0)$	$\phi(1)$	$\phi(2)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$
13	Statis 4V	1.00	-1.211	0.211	1.00	-0.214
14	Statis 5V	1.00	-1.795	0.795	1.00	-0.959
15	Statis 6V	1.00	-1.923	0.923	1.00	-0.993
16	Statis 7V	1.00	-1.950	0.950	1.00	-0.996
17	Statis 8V	1.00	-1.925	0.925	1.00	-0.998
18	Statis 9V	1.00	-1.912	0.912	1.00	-0.999
19	Dinamis 1	1.00	-1.974	0.974	1.00	-1.000
20	Dinamis 2	1.00	-1.238	0.239	1.00	-0.258
21	Dinamis 1V	1.00	-1.971	0.971	1.00	-0.999
22	Dinamis 2V	1.00	-1.529	0.530	1.00	-0.530

Keterangan Tabel :

- $\phi(0)$ = Koefisien AR orde 0
- $\phi(1)$ = Koefisien AR orde 1
- $\phi(2)$ = Koefisien AR orde 2
- $\theta(1)$ = Koefisien MA orde 1
- $\theta(0)$ = Koefisien MA orde 0

4.2.4 Peramalan

Peramalan dapat dilakukan untuk meramalkan untuk beberapa periode waktu. Semakin banyak data yang digunakan maka dapat dilakukan peramalan dengan waktu yang semakin lama. Hal ini dikarenakan pemodelan ARIMA menggunakan data-data dimasa lampau untuk meramalkan data dimasa mendatang. Oleh karena itu pemodelan ini bagus untuk jangka pendek namun kurang bagus untuk jangka panjang. Dengan mengacu pada tabel 4.12 dan mengacu pada formula ARMA (2.8) sehingga untuk kualitas sinyal dapat diramalkan menjadi.

Tabel 4.13 Peramalan Level Daya Terima

No	Ukur (dBm)	Model (dBm)	Error (%)	No	Ukur (dBm)	Model (dBm)	Error (%)
1	-71			31	-63	-62.99	0.02
2	-71			32	-63	-62.99	0.02
3	-71	-70.99	0.02	33	-63	-62.99	0.02
4	-71	-70.99	0.02	34	-63	-62.99	0.02
5	-71	-70.99	0.02	35	-63	-62.99	0.02
6	-71	-70.99	0.02	36	-63	-62.99	0.02
7	-71	-70.99	0.02	37	-63	-62.99	0.02

No	Ukur (dBm)	Model (dBm)	Error (%)	No	Ukur (dBm)	Model (dBm)	Error (%)
8	-71	-70.99	0.02	38	-63	-62.99	0.02
9	-71	-70.99	0.02	39	-63	-62.99	0.02
10	-71	-70.99	0.02	40	-63	-62.99	0.02
11	-71	-70.99	0.02	41	-63	-62.99	0.02
12	-71	-70.99	0.02	42	-63	-62.99	0.02
13	-71	-70.99	0.02	43	-63	-62.99	0.02
14	-71	-70.99	0.02	44	-71	-62.99	12.72
15	-71	-70.99	0.02	45	-71	-55.35	28.28
16	-71	-70.99	0.02	46	-71	-70.99	0.02
17	-71	-70.99	0.02	47	-71	-70.99	0.02
18	-71	-70.99	0.02	48	-71	-70.99	0.02
19	-71	-70.99	0.02	49	-71	-70.99	0.02
20	-71	-70.99	0.02	50	-71	-70.99	0.02
21	-71	-70.99	0.02	51	-71	-70.99	0.02
22	-71	-70.99	0.02	52	-71	-70.99	0.02
23	-71	-70.99	0.02	53	-71	-70.99	0.02
24	-71	-70.99	0.02	54	-71	-70.99	0.02
25	-65	-70.99	8.43	55	-71	-70.99	0.02
26	-65	-76.72	15.2	56	-69	-70.99	2.80
27	-65	-64.99	0.02	57	-69	-72.90	5.34
28	-65	-64.99	0.02	58	-69	-68.99	0.02
29	-63	-64.99	3.06	59	-69	-68.99	0.02
30	-63	-66.90	5.83	60	-67	-68.99	2.88

Tabel 4.13 merupakan tabel hasil peramalan untuk satu titik pengamatan pada satu area. Untuk tabel tersebut menggunakan pengukuran statis 1 untuk area dense urban. Dari tabel tersebut dapat dilihat jika error pada peramalan sebagian besar hanya mencapai 0.02% dari data pengukuran. Namun terdapat data dengan error 5% bahkan ada yang mencapai 28%, hal ini disebabkan pemodelan ARIMA menggunakan data pada masa lampu dan data pengukuran mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan, yang mengakibatkan nilai keakuratan peramalan menjadi kurang.

Untuk hasil peramalan baik untuk daerah dense urban, urban dan sub urban dapat dilihat dari perbandingan rata-rata antara nilai hasil pengukuran dan pemodelan. Tabel 4.14 menunjukkan nilai rata-rata untuk tiap areanya.

Tabel 4.14 Rata-Rata Hasil Pengukuran dan Peramalan Model

Metode		Dense Urban		Urban		Sub Urban	
		Ukur (dBm)	Model (dBm)	Ukur (dBm)	Model (dBm)	Ukur (dBm)	Model (dBm)
Statis 1	D	-66.075	-66.035	-59.038	-58.399	-77.869	-77.869
	V	-65.792	-65.689	-61.842	-61.783	-78.972	-78.972
Statis 2	D	-65.525	-65.754	-54.949	-54.456	-59.473	-59.473
	V	-64.756	-64.326	-54.330	-54.476	-63.681	-63.681
Statis 3	D	-55.717	-55.746	-64.545	-64.698	-70.774	-70.774
	V	-57.56	-57.470	-63.389	-63.477	-81.015	-81.015
Statis 4	D	-59.891	-59.931	-71.240	-66.197	-59.387	-59.387
	V	-61.767	-61.61	-70.335	-70.630	-59.136	-59.136
Statis 5	D	-54.762	-54.518	-64.276	-64.271	-59.674	-59.674
	V	-55.252	-55.284	-67.195	-66.621	-55.987	-55.987
Statis 6	D	-61.736	-61.567	-52.731	-52.818	-70.236	-70.236
	V	-60.819	-60.809	-51.479	-62.998	-70.236	-70.236
Statis 7	D	-56.738	-56.472	-59	-51.953	-74.404	-74.404
	V	-59.379	-59.311	-61	-54.328	-73.220	-73.220
Statis 8	D	-58.224	-58.153	-78.017	-77.886	-73.386	-73.386
	V	-60.181	-60.106	-80.278	-78.782	-74.176	-74.176
Statis 9	D	-59.789	-59.390	-61.436	-61.368	-70.772	-70.772
	V	-57.701	-57.896	-62.434	-62.248	-70.412	-70.412

Keterangan Tabel :

- D = Sinyal data
- V = Sinyal Suara (*Voice*)

Hasil peramalan yang telah dipaparkan merupakan hasil peramalan di tiap titiknya, sehingga untuk wilayah dense urban ada 9 peramalan dengan titik yang sama, begitu juga untuk urban dan Sub Urban. Dengan hasil tabel 4.13 dan tabel 4.14 serta dengan mencoba meringkas parameter statistik di tiap areanya maka dapat ditarik satu koefisien dari tiap-tiap area yaitu :

Tabel 4.15 Koefisien dan Residu Tiap Area

Area	$\phi(0)$	$\phi(1)$	$\phi(2)$	$\theta(0)$	$\theta(1)$	Residu1	Residu (t)
Dense Urban	1	-1.5793	0.5795	1	-0.6152	0.1195	0.1173
Urban	1	-1.736	0.736	1	-0.807	0.114	0.110
Sub Urban	1	-1.7385	0.7385	1	-0.7950	0.1184	0.1148

Dengan menggunakan koefisien dan nilai residu pada tabel 4.15 sehingga menghasilkan hasil peramalan kualitas sinyal dengan satu formula dan dapat digunakan untuk meramalkan di berbagai titik. Tabel 4.16 menggambarkan hasil peramalan baik menggunakan formula yang dikhususkan untuk tiap titiknya maupun formula yang digunakan secara umum.

Tabel 4.16 Perbandingan Data Pemodelan Khusus dan Umum

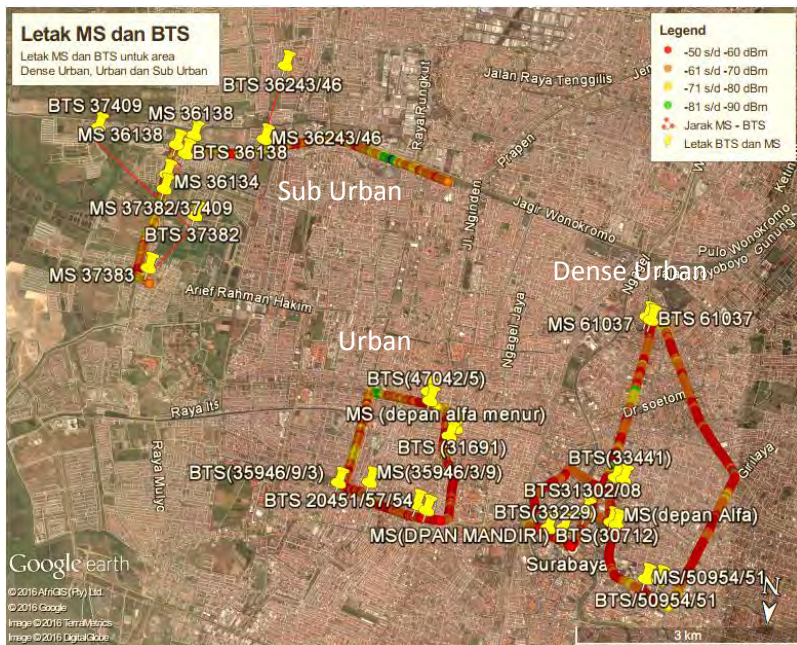
Metode Ukur		Model Dense Urban		Model Urban		Model Sub Urban	
		Khusus (dBm)	Umum (dBm)	Khusus (dBm)	Umum (dBm)	Khusus (dBm)	Umum (dBm)
1	D	-66.035	-65.989	-58.399	-58.38	-77.869	-77.847
	V	-65.689	-65.628	-61.783	-61.753	-78.972	-78.946
2	D	-65.754	-65.696	-54.456	-54.621	-59.473	-59.467
	V	-64.326	-64.594	-54.476	-54.457	-63.681	-63.655
3	D	-55.746	-55.691	-64.698	-64.679	-70.774	-70.872
	V	-57.470	-57.413	-63.477	-63.452	-81.015	-81.11
4	D	-59.931	-59.873	-66.197	-70.964	-59.387	-59.366
	V	-61.61	-61.554	-70.630	-70.607	-59.136	-59.295
5	D	-54.518	-54.884	-64.271	-64.252	-59.674	-59.643
	V	-55.284	-55.331	-66.621	-66.605	-55.987	-55.963
6	D	-61.567	-61.606	-52.818	-52.799	-70.236	-70.216
	V	-60.809	-60.754	-62.998	-51.490	-70.236	-68.688
7	D	-56.472	-56.724	-51.953	-51.926	-74.404	-74.382
	V	-59.311	-59.255	-54.328	-54.308	-73.220	-73.196
8	D	-58.153	-58.097	-77.886	-77.865	-73.386	-73.364
	V	-60.106	-60.049	-78.782	-78.765	-74.176	-74.153
9	D	-59.390	-59.365	-61.368	-61.346	-70.772	-70.747
	V	-57.896	-57.831	-62.248	-62.22	-70.412	-70.387

4.3 *Link Budget*

Dalam perhitungan *link budget* pada tugas akhir ini tidak semua parameter link budget dihitung, melainkan hanya Path Loss, EIRP dan RSL. Hal ini dikarenakan data yang digunakan baik dalam pengukuran maupun dalam pemodelan merupakan data RSL, sehingga untuk membandingkan dengan data dengan metode perhitungan secara teoritis maka hanya diperlukan data perhitungan RSL.

Tabel 4.17 Objek Perhitungan *Link Budget*

Area	Long	Altit	Cell ID	Jenis Antena	Tinggi Antena	Jarak (Km)
Dense Urban	112.7149	-7.2716	33444/ 33441	HBXX 6516DS- VTM	40 m	0.106
	112.7367	-7.2599	50951/ 50954	K742215	40 m	0.189
Urban	112.7622	-7.2745	31691/ 31694	K742215	40 m	0.137
	112.7653	-7.27982	47042/ 47045	K742215	40 m	0.121
Sub Urban	112.8001	-7.30044	37382	HBXX- 6516DS- VTM	40 m	0.550 44
	112.8009	-7.29081	37383	HBXX- 6516DS- VTM	40 m	0.937



Gambar 4.2 Letak MS-BTS Untuk 3 Area

Gambar 4.2 merupakan gambar lokasi MS - BTS, dimana letak BTS disesuaikan dengan posisi *longitude* dan *altitude* BTS yang terdapat pada data GCell. Dengan cara tersebut maka jarak MS-BTS dapat diketahui. Selain itu dari gambar tersebut dapat diketahui kualitas sinyal dari tiap-tiap area, dari gambar diatas terlihat jika dense urban merupakan area yang memiliki warna merah dominan dimana kualitas sinyalnya bernilai sekitar -50 sampai -60 dBm, sedangkan untuk daerah sub urban memiliki dominan warna kuning, dimana menandakan bahwa area tersebut memiliki nilai kualitas sinyal sekita -71 sampai -80 dBm.

4.3.1 Path Loss

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa objek ukur perhitungan link budget hanya menggunakan antenna berjenis HBXX651DS-VTM dan K742215 untuk spesifikasi antenna bisa dilihat pada bab 2.2.2. Dengan menggunakan model propagasi cost hata dan dengan tinggi antenna yang sama yaitu 40 meter sehingga untuk wilayah *dense urban* dan *urban* memiliki nilai $a(h_m)$ yang sama. Dengan menggunakan rumus 2.2 dan menggunakan tabel 3.1 maka nilai $a(h_m)$ adalah :

$$a(h_m) = 3.2 (\log_{10} (11.75 * h_R))^2 - 4.97$$

Sehingga :

$$a(h_m) = 3.2 (\log_{10} (11.75 * 1.5))^2 - 4.97$$

$$a(h_m) = 3.2 (1.246)^2 - 4.97$$

$$a(h_m) = 4.969 - 4.97$$

$$a(h_m) = -0.000919$$

Setelah diketahui nilai $a(h_m)$ barulah dapat dicari nilai path loss berdasarkan model Cost Hata.

$$L = 46.3 + 33.9 \log(f) - 18.82 \log(h_B) + a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log(h_R)) \log d + C$$

Sehingga :

$$L = 46.3 + 33.9 \log (2127) - 18.82 \log (40) + (-0.000919) + (44.9 - 6.55 \log (1.5)) \log 0.079 + 3$$

$$L = 46.3 + 112.81 - 30.15 - 0.000919 + (-48.225) + 3$$

$$L = 83.734 \text{ dB}$$

Perhitungan diatas merupakan perhitungan untuk area *dense urban* dengan titik pengamatan yaitu *longitude* : 112.7419 dan *altitude* :

-7.2661, untuk area yang lain dengan titik pengamatannya, nilai *path loss* dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan *Path Loss*

Klasifikasi Area	Long	Altitude	Cell ID	a(hm)	Path Loss
Dense Urban	112.7149	-7.2716	33444/ 33441	-0.00091905	89.32 dB
	112.7367	-7.2599	50951/ 50954	-0.00091905	100.3 dB
Urban	112.7622	-7.2745	31691/ 31694	-0.00091905	94.2 dB
	112.7653	-7.27982	47042/ 47045	-0.00091905	91.8 dB
Sub Urban	112.8001	-7.30044	37382	0.049499	117.6 dB
	112.8009	-7.29081	37383	0.049499	127.6 dB

4.3.2 EIRP

Dengan nilai *Gain* dan *Power* yang disesuaikan dengan jenis antenna maka nilai EIRP dari tiap-tiap antenna adalah :

a. Antena K742215

$$\begin{aligned}
 \text{EIRP} &= P_{\text{TX}} + G_{\text{TX}} - L_k - L_c \\
 &= 43 + 18 - 2.7 - 0.84 \\
 &= 57.46 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

b. HBXX-6516DS-VTM

$$\begin{aligned}
 \text{EIRP} &= P_{\text{TX}} + G_{\text{TX}} - L_k - L_c \\
 &= 43 + 18 - 2.7 - 0.84 \\
 &= 57.46 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

4.3.3 RSL

Dengan menggunakan parameter yang terdapat pada tabel 3.7 serta dengan menggunakan formula 2.5 maka nilai RSL dari tiap-tiap titik pengamatan adalah.

$$\begin{aligned}
 \text{RSL} &= \text{EIRP} - \text{Wall Loss} - \text{Path Loss (L)} - \text{Body Loss} + \text{GRX} - \\
 &\quad (\text{handover} + \text{fading margin}) \\
 &= 57.46 - 0 - 89.3219 - 3 + 0 - (0 + 10.3) \\
 &= -45.162 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah perhitungan RSL untuk area *dense urban* dengan titik pengamatan *longitude* : 112.7419 dan *altitude* : -7.2661. untuk nilai RSL untuk area yang lain dengan tiap-tiap titik pengamatannya dapat dilihat pada tabel 4.19

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan RSL

Klasifikasi Area	Longitude	Altitude	Cell ID	RSL (dBm)
Dense Urban	112.7419	-7.2661	33444 /33441	-45.162
	112.7448	-7.26737	50951/50954	-56.15
Urban	112.7622	-7.2745	31691/31694	-50.004
	112.7653	-7.27982	47042/47045	-47.68
Sub Urban	112.8001	-7.30044	37382	-63.408
	112.8009	-7.29081	37383	-73.215

4.4 Penyajian Data Tiap Metode

Pada bab ini akan disajikan ketiga metode untuk mendapatkan kualitas sinyal, baik itu dengan metode pengukuran secara langsung, dengan pemodelan maupun dengan menggunakan perhitungan secara teoritis.

Tabel 4.20 Perbandingan Data

Longitude	Altitude	Metode		
		Hitung (dBm)	Model (dBm)	Ukur (dBm)
112.7419	-7.2661	-45.162	-55.7716	-55.7702
112.7448	-7.26737	-56.15	-60.743	-60.736
112.7622	-7.2745	-50.004	-54.8352	-55.06,2
112.7653	-7.27982	-47.68	-64.4057	-64.4058
112.8001	-7.30044	-63.408	-55.7	-55.72
112.8009	-7.29081	-73.215	-74.4037	-74.3998

Tabel 4.20 merupakan tabel perbandingan dari tiap-tiap data dengan metode yang berbeda. Untuk metode pemodelan dan pengukuran disesuaikan dengan metode perhitungan dimana perhitungan hanya menghitung satu Cell Id saja. Maka data yang digunakan untuk pemodelan merupakan data level daya terima dari suatu Cell, sedangkan untuk pengukuran menggunakan data hasil seleksi berdasarkan Cell Id

yang disesuaikan dengan Cell Id yang digunakan dalam perhitungan secara teoritis.

Dari tabel tersebut dapat dilihat jika hasil dari tiap-tiap metode memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan nilai yang paling kecil adalah antara nilai hasil pengukuran dan nilai hasil pemodelan. Sedangkan perbedaan paling menonjol terlihat antara hasil perhitungan dengan pemodelan serta hasil perhitungan dengan pengukuran. Dengan perbedaan yang cukup signifikan tersebut dapat disebabkan oleh faktor seperti : adanya pohon-pohon, gedung-gedung tinggi, banyaknya orang disekitar titik lokasi bahkan papan reklame yang berukuran besar juga ikut mempengaruhi, sedangkan dalam perhitungan tersebut menggunakan perhitungan empiric, dimana hasilnya memang kurang akurat dan sedikitnya parameter yang digunakan dalam perhitungan tersebut.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengukuran kualitas sinyal di Kota Surabaya selama kurang lebih satu bulan serta setelah dilakukan proses analisa melalui pemodelan ARIMA kualitas sinyal dan perhitungan link budget menggunakan model Cost Hata, sehingga dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Sinyal 3G di Kota Surabaya khususnya operator telkomsel memiliki kualitas yang baik dengan range antara -55 dBm sampai -80 dBm.
2. Pemodelan yang cocok untuk meramalkan kualitas sinyal seluler baik pada area dense urban, urban dan sub urban yaitu pemodelan ARIMA (2,0,1) dengan FIT bernilai 50% sampai 80%.
3. Pengukuran kualitas sinyal pada wilayah dense urban, urban dan sub urban, baik dalam pengukuran sinyal suara maupun sinyal data serta pengukuran statis dan pengukuran dinamis pada satu area akan menghasilkan nilai yang mendekati bahkan hampir sama baik dari jenis sinyalnya maupun metode pengukurannya.
4. Formula untuk mengetahui kualitas sinyal seluler di area :
Dense Urban
$$Z_t = (1 - 0.6152 * 0.1195) + 0.1173 - (1 - 1.5793Z_{t1} + 0.5795 * Z_{t2})$$

Urban
$$Z_t = (1 - 0.807 * 0.114) + 0.110 - (1 - 1.736Z_{t1} + 0.736 * Z_{t2})$$

Sub Urban
$$Z_t = (1 - 0.7385 * 0.1184) + 0.1148 - (1 - 1.7385 * Z_{t1} + 0.7385 * Z_{t2})$$
5. Penggunaan model ARIMA (2,0,1) untuk meramalkan kualitas sinyal seluler memiliki rata-rata error relative kurang dari 1%.
6. Untuk perhitungan RSL melalui link budget harus diperhatikan kondisi objek pengamatan, dimana dengan memperhitungkan semua kemungkinan loss sehingga dapat menghasilkan nilai RSL yang mendekati kondisi nyata.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik dan dapat dijadikan referensi baik dalam kepentingan pendidikan maupun pekerjaan.

1. Perlu digunakan data referensi lain seperti kecepatan akses data, jumlah *drop call* dan waktu ping agar hasil dari peramalan memiliki detail yang baik dan ketepatan lebih baik.
2. Kembangkan dengan pemodelan lain seperti *Kalman Filter Model*.
3. Kembangkan pengukuran dan pemodelan untuk teknologi 4G di berbagai area.
4. Dibutuhkan perhitungan menggunakan model semi *empiric* ataupun *deterministic* untuk mendapatkan nilai RSL yang mendekati dengan kondisi sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Makridakis Spyros, Whright C. Steven, McGee, E. Victor, "*Metode dan Aplikasi Peramalan*", Diterjemahkan oleh Basith A dan Untung Sus Andriyanto, Erlangga, Jakarta, 1999
- [2] Sugiharto Aris, "*Pemrograman GUI dengan Matlab*", Andi, Yogyakarta, 2006
- [3] Mauludiyanto Achmad, "Pemodelan Runtun Waktu Intensitas Dan Redaman Hujan Tropis Terhadap Gelombang Radio Pada Pita 30GHz", Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2006
- [4] Murdiyani Dwi, "Perancangan Jaringan LTE di Kota Surabaya Menggunakan Frekuensi 1800MHz", Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016
- [5] Ilham Muhammad, "Analisis Nilai Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Tiga Sistem Jaringan (2G, 3G, CDMA) Pada Perangkat Multi Network", Depok, Universitas Indonesia, 2009
- [6] Suprayogi, "Statistika Deskriptif", Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- [7] Fadhilah Nur Annisa, "Forecasting China's Exchange Rate Using ARIMA (Box-Jenkins) Model", Jakarta, Sekolah Tinggi Ilmu Statistik, 2013
- [8] Surjati Indra, Ningsih Kurnia Yuli, Septiana Hendri, "Analisis Perhitungan Link Budget Indoor Penetration Eideband Code Division Multiple Access (WCDMA) dan High Speed Downlink Packet Access(HSDPA) pada Arena Pondok Indah", Jakarta, Universitas Trisakti, 2008
- [9] Direktorat Jendral Sumber Daya dan Perangkat Informatika, "Laporan Tahunan 2013, Peningkatan Kualitas Jaringan Seluler 3G", Jakarta, Kementrian Komunikasi dan Informasi, 2013
- [10] Chaya Dalela, M V S N Prasad, P K Dalela, "Tuning of Cost-231 Hata Model for Radio Wave Propagation Predictions", New Delhi, India.
- [11] Shabir Noman, Sadiq T. Muhammad, Kashif Hasain, Ullah Rizwan, "Comparison of Radio Propagation Models for Long Term Evolution (LTE) Network", International Journal of Next Generation Network (IJNGN), Vol.3, 2011

RIWAYAT HIDUP



Moh Oky Sadam Basri adalah anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan H.Anwari dan Hj.Yafaroh yang lahir di Kebumen pada tanggal 5 Februari 1991.

Penulis mengenyam pendidikan di SDN 2 Bandung Kebumen, SMPN 3 Kebumen. Setelah lulus dari jenjang sekolah menengah pertama, dilanjutkan ke SMK Telkom Sandhy Putra Purwokerto. Pada tahun 2010 penulis resmi menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Telkom, Bandung pada program studi D3 Teknik Telekomunikasi dan dilanjutkan ke

program Lintas Jalur S1 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2014.

Penulis mengambil Tugas Akhir pada semester 4 Lintas Jalur mengenai **Pengukuran dan Analisa Sinyal RF pada Penerima Seluler di Area Surabaya** dengan dosen pembimbing Dr.Ir.Achmad Mauludiyanto,MT.